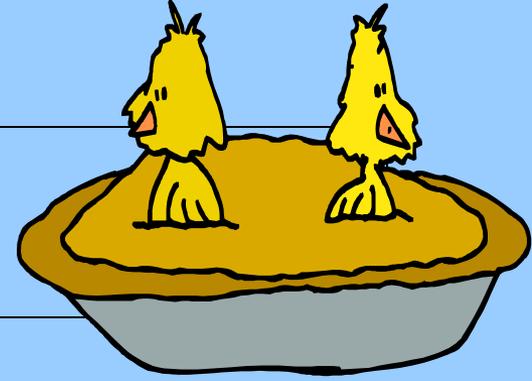


A collection of various hand-wound transformers and baluns, including toroidal cores, solenoids, and toroids, displayed on a blue background. The components are made of copper wire and are arranged in a circular pattern around the central text.

Baluns & Symétriseurs

F6AIX
Mai 2012

Objectif



- 1-Comprendre la notion de symétrie/assymétrie
- 2-Comprendre le fonctionnement d'un balun d'antenne
- 3-Savoir quand, où et quoi utiliser
- 4-Savoir les tester

Accessoirement supprimer la RF dans le schack, les diagrammes de rayonnement d'antenne distordus, la réception des bruits électriques ambiants.....

Définitions

Impédance symétrique = Impédance dont aucune borne n'est connectée à la masse

Impédance assymétrique = Impédance dont une borne est connectée à la masse

Transformateur = Il multiplie une impédance, une tension ou un courant par un coefficient

Il procure un isolement pour les courants continus

Il converti des charges symétriques en assymétriques et vice versa

Balun = Dispositif qui transforme une impédance symétrique en impédance assymétrique et vice versa

Balun = $UN_{balance}/UN_{balance}$ (Symétrique/Assymétrique)

Symétriseur = Balun

Chocke RF = Balun utilisé pour supprimer les courants de gaine du coaxial alimentant une antenne

UnUn = Dispositif qui transforme une impédance assymétrique en une impédance assymétrique

UnUn = $UN_{balance}/UN_{balance}$



Le balun est un symétriseur ET un cas particulier de transformateur adaptateur d'impédance avec rapport 1/1

Définitions

Mode commun : Sur une ligne bifilaire, la somme des courants circulant sur les 2 fils n'est pas nulle

Mode différentiel : Sur une ligne bifilaire, la somme des courants circulant sur les 2 fils est nulle

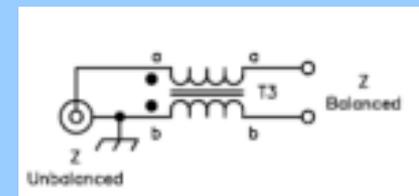
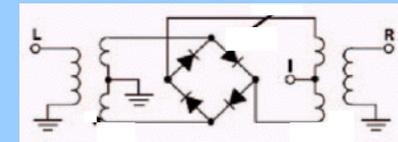
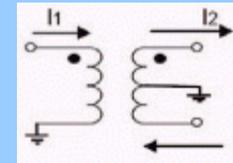
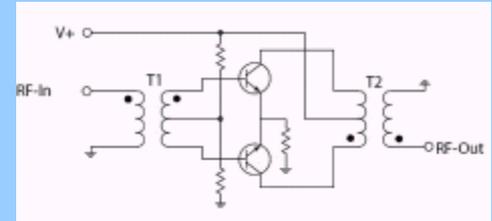
Mode « Ligne de transmission » : idem mode différentiel

Ferrite : Matériau céramique composé de poudres d'oxydes métalliques compressées et cuites à 1200°C

Perméabilité magnétique μ : Mesure de l'efficacité de stockage de l'énergie sous forme magnétique dans le matériau

Où et quand les utiliser?

Transformateur	Adaptation d'impédance Tuner/ligne
	Adaptation d'impédance entre étages bas niveau
Balun ou symétriseur	Liaison coax/antenne symétrique
	Entrée/Sortie PA
	Entrée/sortie mixers
	Splitters
	Déphaseurs
	Protection RX contre parasites domestiques
	Interconnecter des systèmes 2 et 3 conducteurs
Chocke Balun	Liaison coax/antenne symétrique
	Liaison TX/tuner symétrique



Ce qu'un Balun ne peut pas résoudre

Un Balun n'améliorera pas le ROS (à moins d'être associé à un transformateur d'impédance ou un tuner)

Une chocke RF ou un balun de courant ne permet pas de transformation d'impédance (à moins d'en coupler plusieurs)

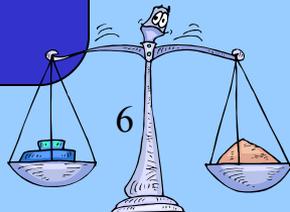
Un balun n'est pas efficace pour bloquer la foudre (impédance trop faible)

Un balun ne permet pas le fonctionnement multibande d'antennes monobande

Un balun a seulement 2 buts

+Isoler la ligne de transmission et la charge

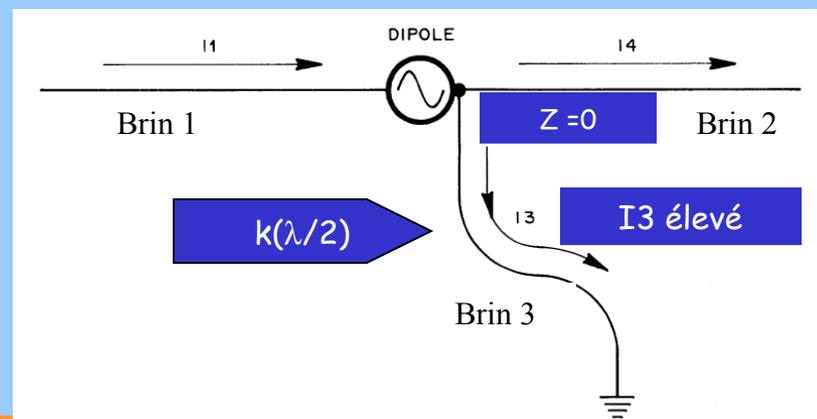
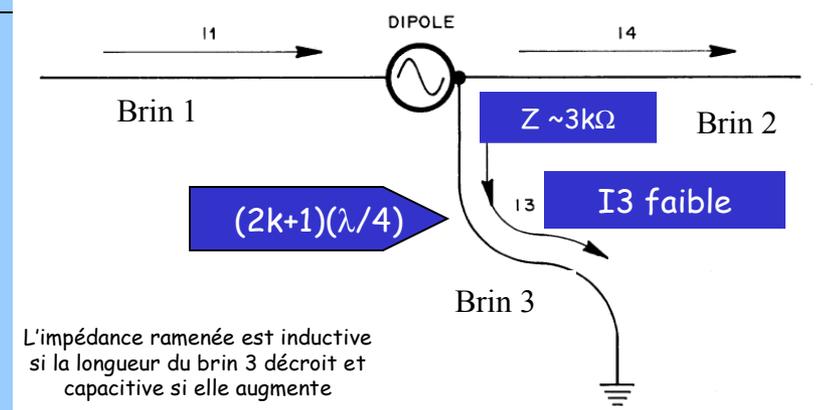
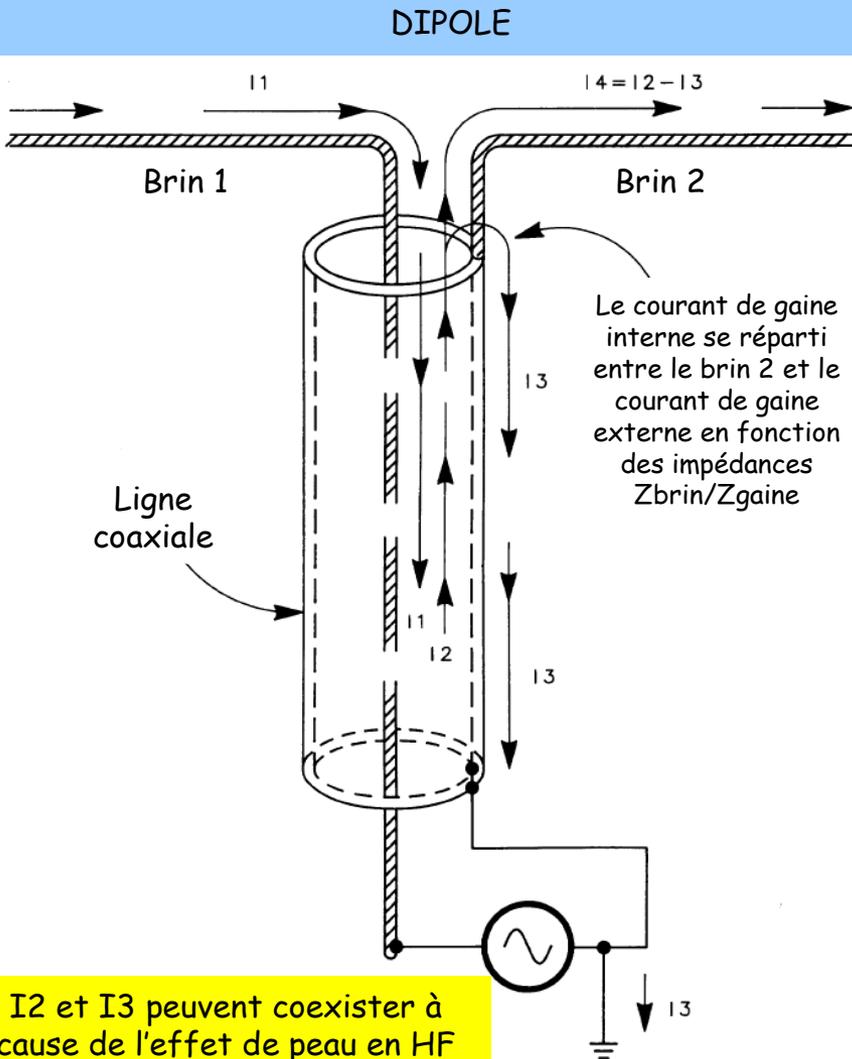
+Equilibrer les courants de sortie



BALUNS pour antennes

Pourquoi c'est nécessaire?

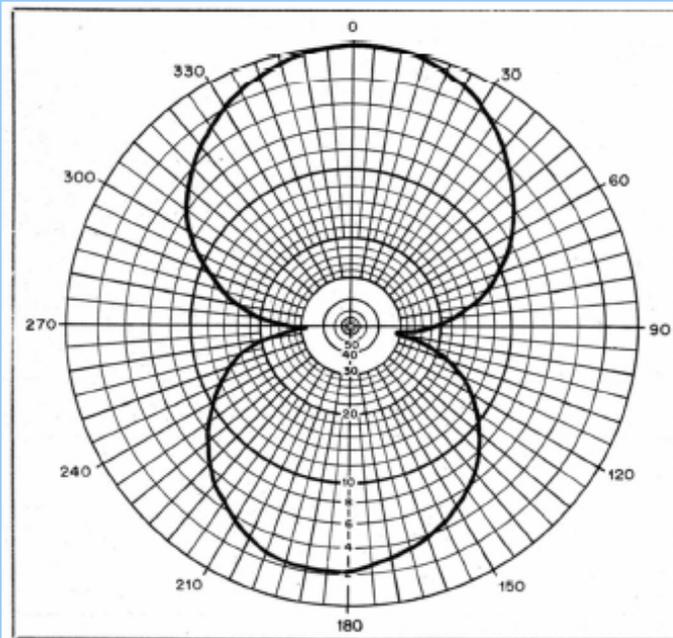
Le courant I_3 dépend de la longueur du chemin de retour vers la terre (inclus le coax, la ligne secteur...).



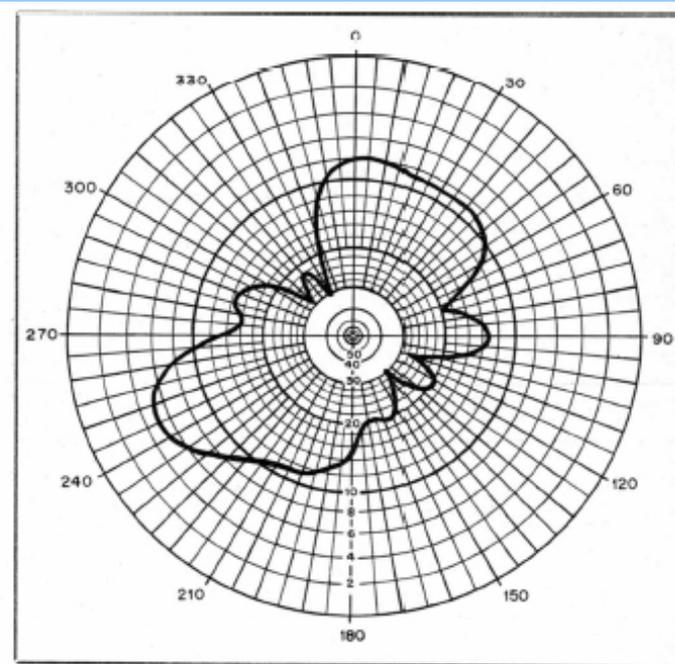
Sans balun, si on modifie la longueur de la ligne, on modifie la résonance du bras n°3 et la valeur de l'impédance ramenée au niveau de l'antenne, donc l'accord de l'antenne et son ROS AU NIVEAU DU TX, **MAIS L'ANTENNE N'EST PAS ADAPTEE A LA LIGNE**

ATTENTION l'effet du balun n'est complet pour éliminer les courants de mode commun que si la descente est symétrique par rapport à l'antenne sinon l'un des brins induira plus de courant que l'autre et le bilan sera un courant de déséquilibre.....

L'un des avantages à l'utiliser



Rayonnement d'un dipôle avec balun
La légère dissymétrie est due aux conditions
de test en chambre anéchoïde



Rayonnement du même dipôle sans balun

Pour les beams, détérioration du rapport AV/AR

Balun de tension ou de courant?

Un Balun de tension produit des **tensions** identiques en amplitude et en opposition de phase sur les bornes « Balanced »

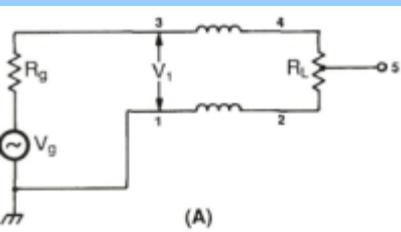
Un Balun de courant produit des **courants** identiques en amplitude et en opposition de phase sur les bornes « Balanced »

Les antennes sont, pour la majorité alimentées en **courant**

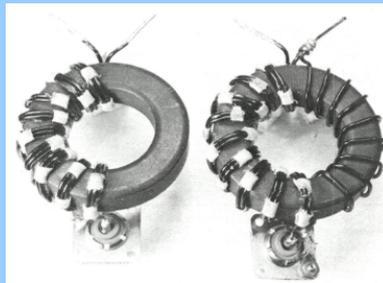
Les antennes présentent des impédances variant de quelques ohms à plusieurs centaines d'ohms, et **jamais** parfaitement symétriques

Pour des gammes de fréquence étendues

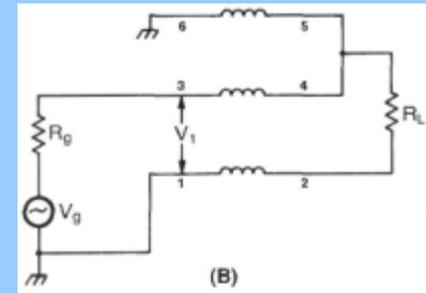
Seul le Balun de courant satisfait simultanément à toutes ces contraintes



Type Guanella
Courant 1:1



Type Ruthroff
Tension 1:1





Balun de tension: **NON!**

Il essaie de forcer des tensions symétriques sur les sorties symétriques

Ce n'est possible que si les impédances sont parfaitement symétriques

Sinon on introduit des **décalages de phase** entre les sorties

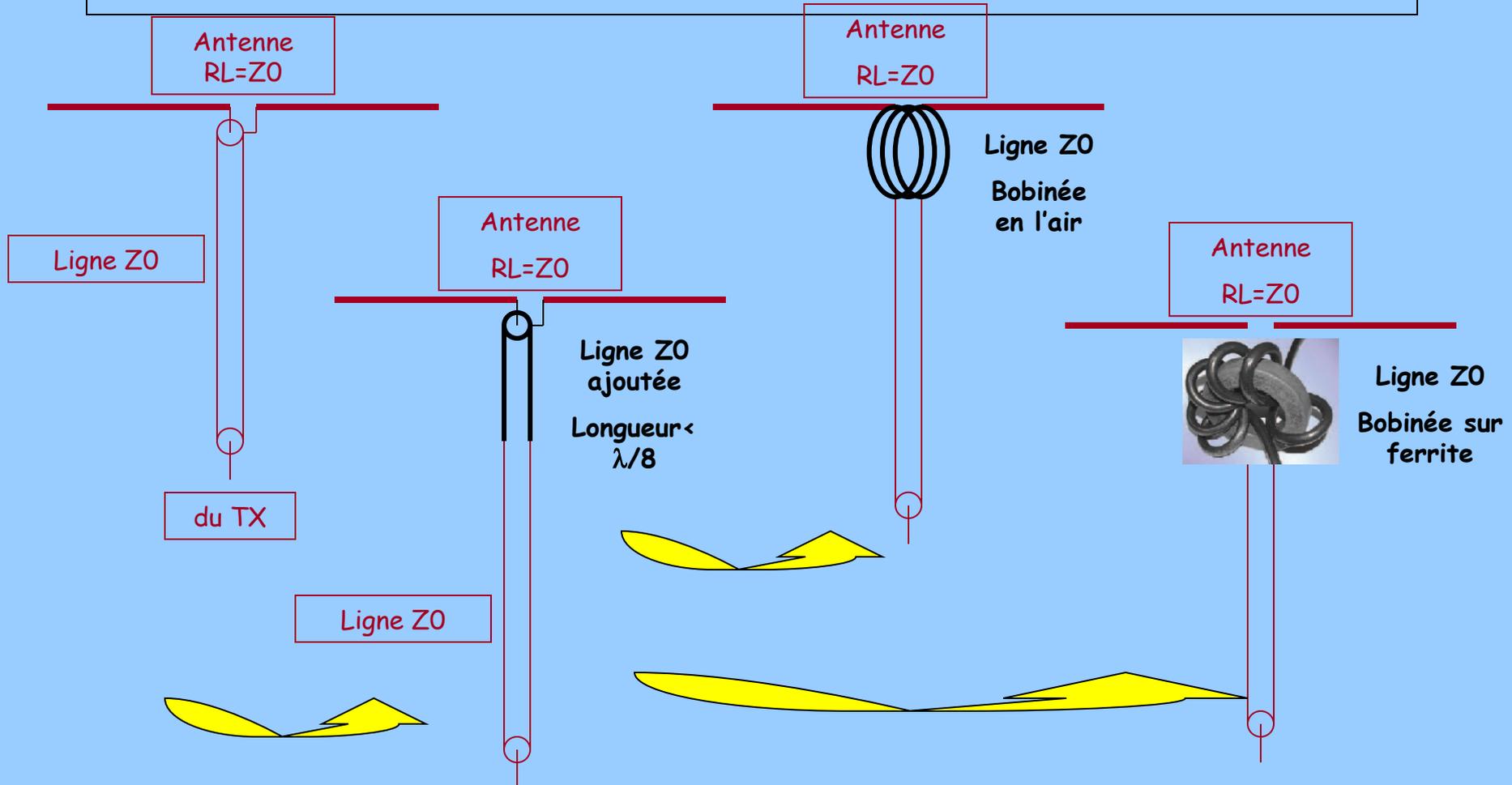
Ce qui implique que la ligne d'antenne rayonnera

Il peut il y avoir **saturation de la ferrite** selon la puissance appliquée, donc des distorsions, donc des rayonnements parasites, et au pire ça explose!

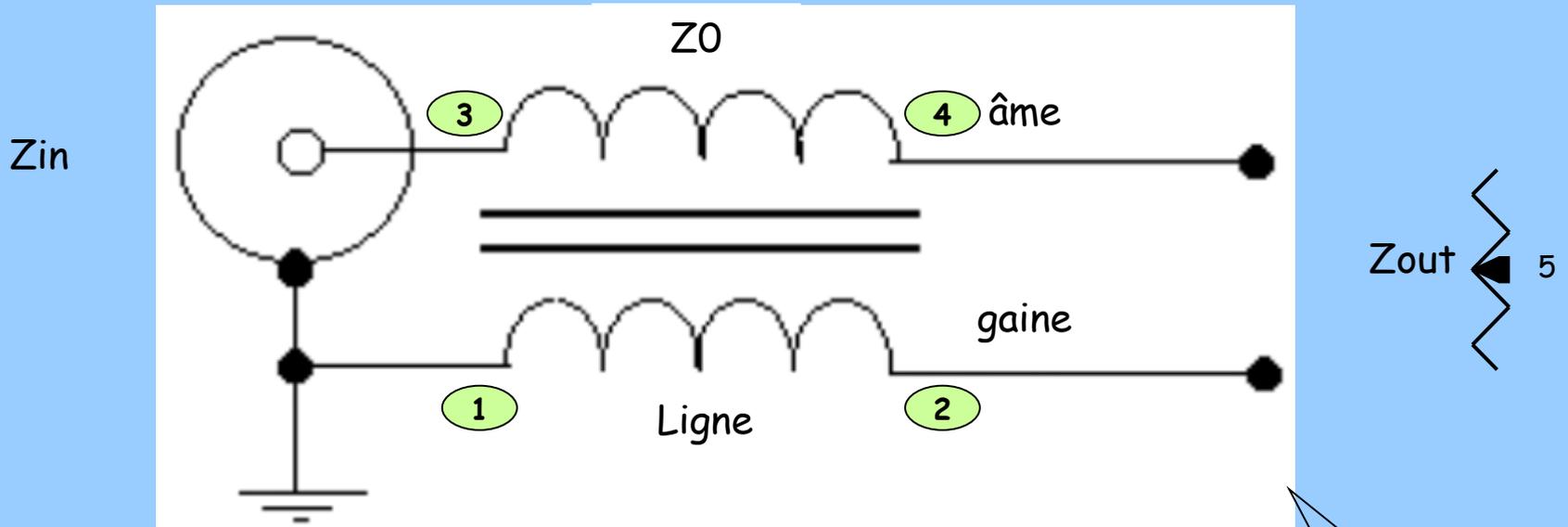
Il ne procure **pas d'isolement de mode commun** aux signaux perturbateurs externes qui sont donc véhiculés jusqu'au récepteur

Utilisable pour : Adaptations/symétrisation d'impédance de rapport différent de 1:1 lorsque la **symétrie d'impédance de charge est maîtrisée**

Le Balun de courant: comment ça marche?



Le Balun de courant: comment ça marche?

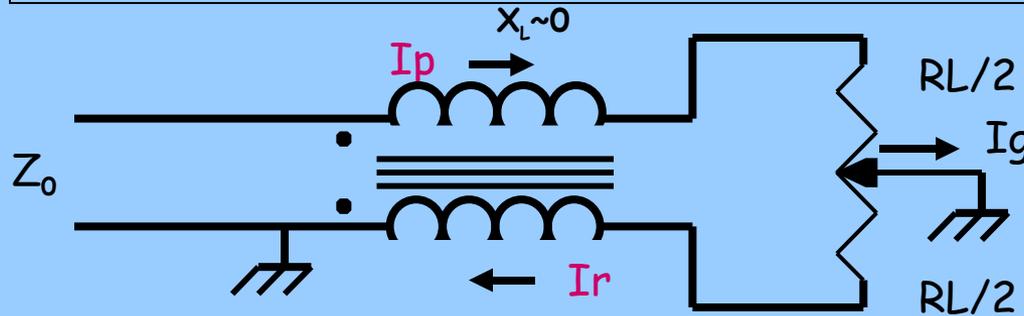


Seulement 2 conducteurs

- Si #4 à la masse → Inverseur de phase
- Si #5 à la masse → Balun
- Si #2 à la masse → Delay line

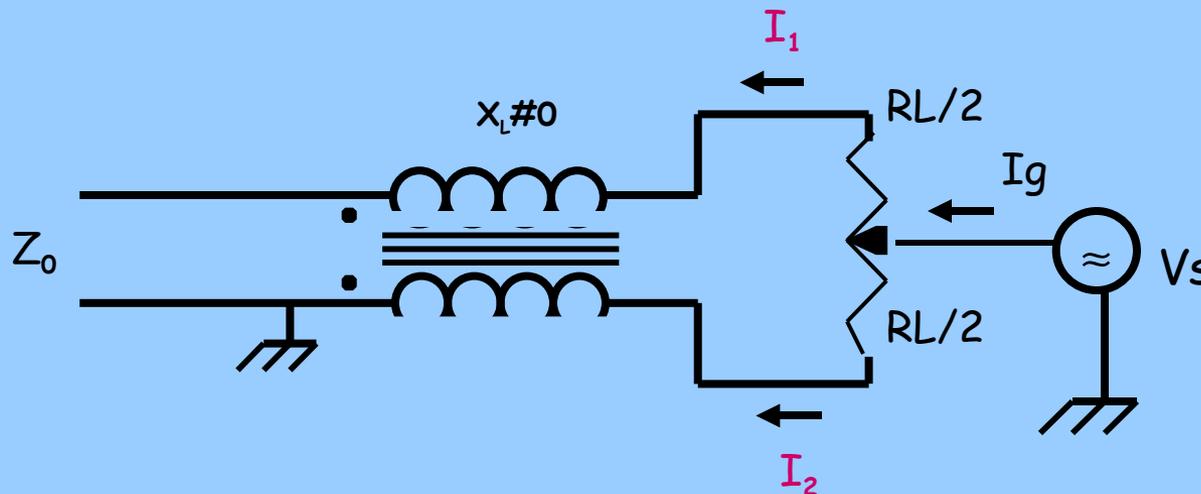


Le Balun de courant: comment ça marche?



Charge symétrique

I_p et I_r sont en opposition de phase
Leurs champs magnétiques s'annulent
et l'impédance de la ligne bobinée
est très faible comparée à Z_0
La ligne bobinée ne présente
pas de résistance
au passage du signal



Charge assymétrique

V_s n'est pas nul et induit I_1 et I_2
courants en phase
Leurs champs magnétiques s'ajoutent
et la ligne bobinée va avoir une
réactance X_L non nulle
Si l'impédance $2\pi f X_L$ est très grande
comparée à $RL/2$, I_1 et I_2 seront
très faibles

Le balun se comporte comme un transformateur via la ligne de transmission & comme un transformateur classique de rapport 1:1

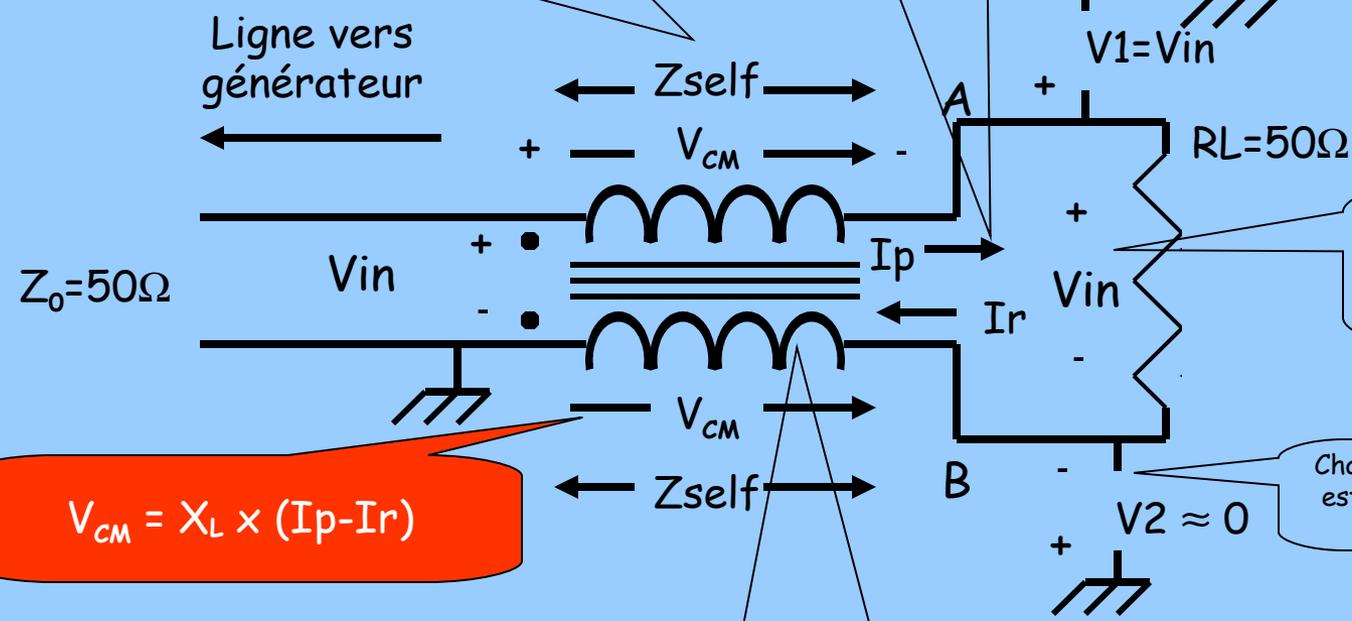
Le balun peut être une ligne bifilaire ou coaxiale sur air ou sur tore ou sur baton de ferrite

Le Balun de courant: cas parfait de la charge Z_0 symétrique

$V_{in} = V_{out} \rightarrow (I_p - I_r) \approx 0$
 $V_{CM} \approx 0$ Flux tore ≈ 0

Théoriquement pas de risque de saturation en forte puissance

La réactance X_L de la self est élevée mais pas infinie et l'impédance présentée $\gg RL$



$V_{CM} = X_L \times (I_p - I_r)$

Tension d'entrée répétée en sortie par la ligne de transmission Z_0 du balun
DONC $V_2 \approx 0$

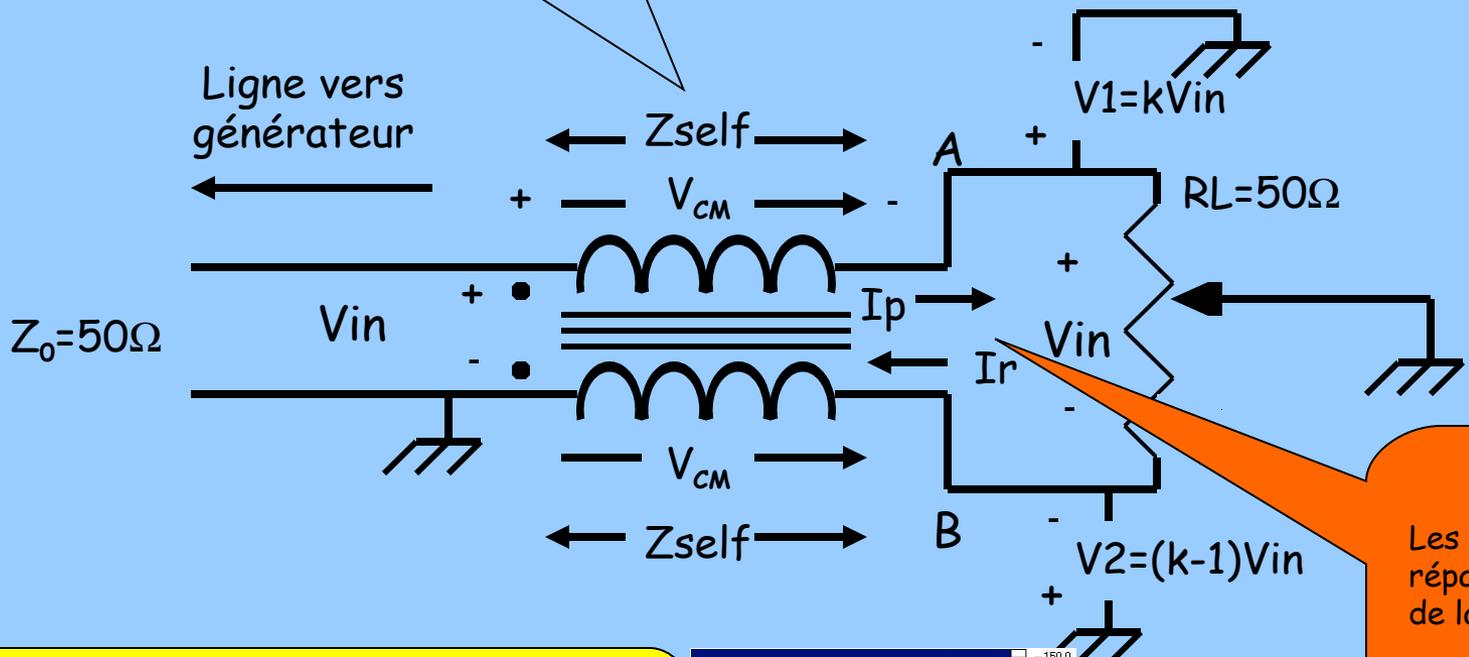
Chaque sortie symétrique est **ISOLEE** de la masse référence

Ligne bifilaire qui se comporte comme une ligne d'impédance caractéristique Z_0

Les 2 flux magnétiques créés par I_p et I_r s'annulent et le signal d'entrée ne « voit » pas d'impédance de blocage: le balun est transparent aux signaux différentiels.
Par contre tout signal référencé à la masse induit au niveau de la charge est bloqué par Z_{self} : le balun bloque les signaux de mode commun

Le Balun de courant: cas d'une charge asymétrique

La réactance X_L de la self est élevée mais pas infinie et $\gg RL$



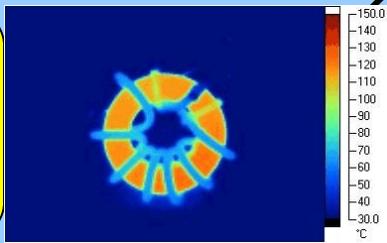
$V_{AB} = V_{in}$

Les tensions $V1$ et $V2$ se répartissent en fonction de la position du contact de masse

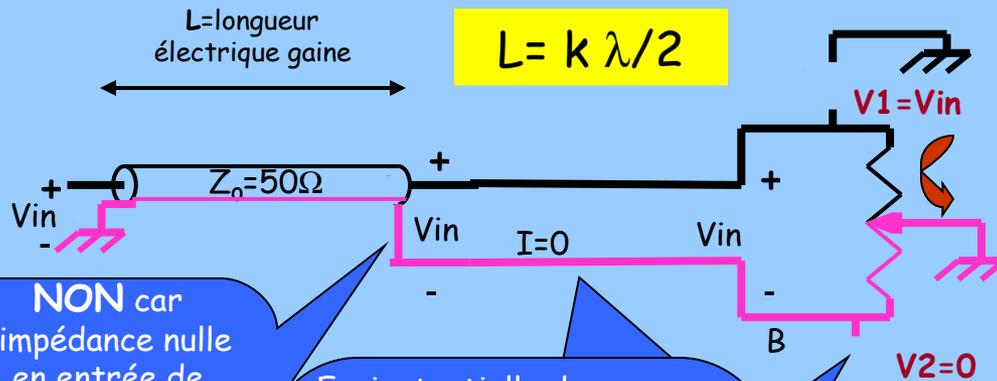
$I_p = I_r$

La dissymétrie de charge peut être le résultat de l'environnement ou de modifications du système comme la rupture de connexions feeder-antenne par exemple

Dans ce cas le balun est soumis à un flux très élevé qui peut le saturer et entraîner sa destruction



Le Balun de courant: peut-on s'en passer?

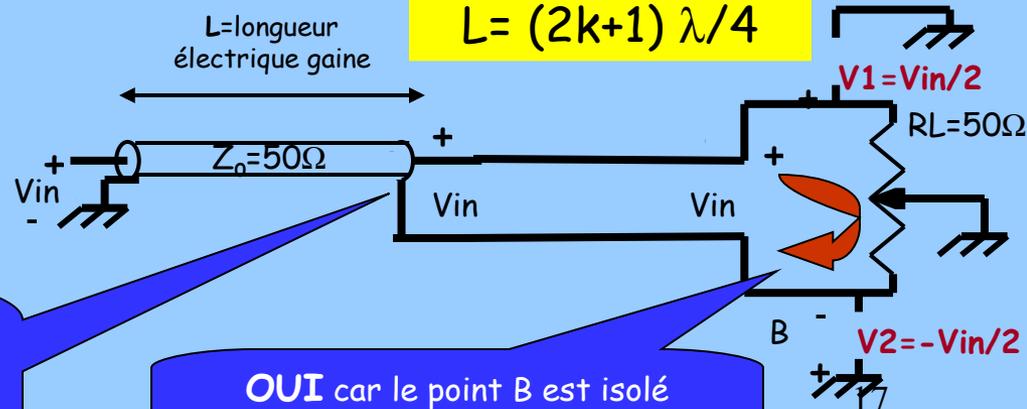


DONC la proportion du courant qui retourne via la gaine va dépendre de la fréquence. On ne peut se passer de balun que si la ligne est un multiple de $\lambda/4$

Avec un balun qui est large bande, le courant retourne via la gaine quelle que soit la fréquence

NON car l'impédance nulle en entrée de gaine est répétée en sortie de coax \gg B est au potentiel de la masse

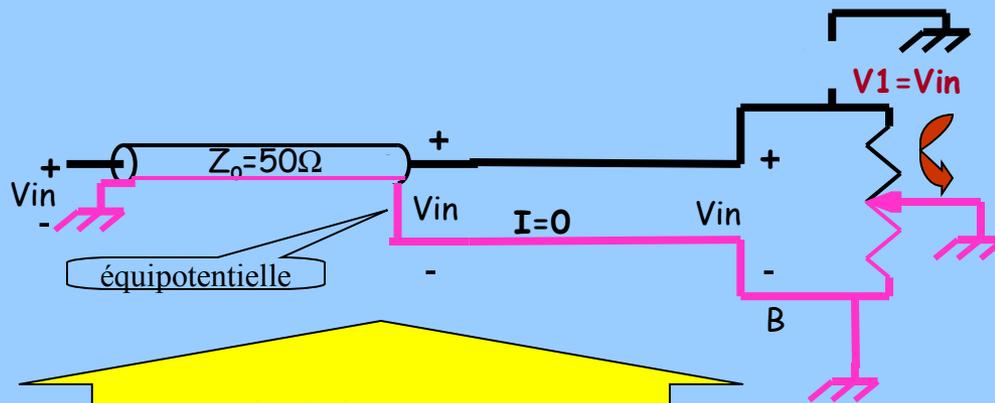
Equipotentielle de masse \gg Pas de courant de retour dans la gaine \gg Il y a rayonnement de la ligne car le champ magnétique généré par le conducteur central n'est pas annulé par celui généré par le courant de gaine



L'impédance nulle en entrée de gaine se transforme en impédance très élevée en sortie de coax \gg B est isolé de la masse

OUI car le point B est isolé comme en présence d'un balun

Le Balun de courant: Impédance de charge élevée : A EVITER

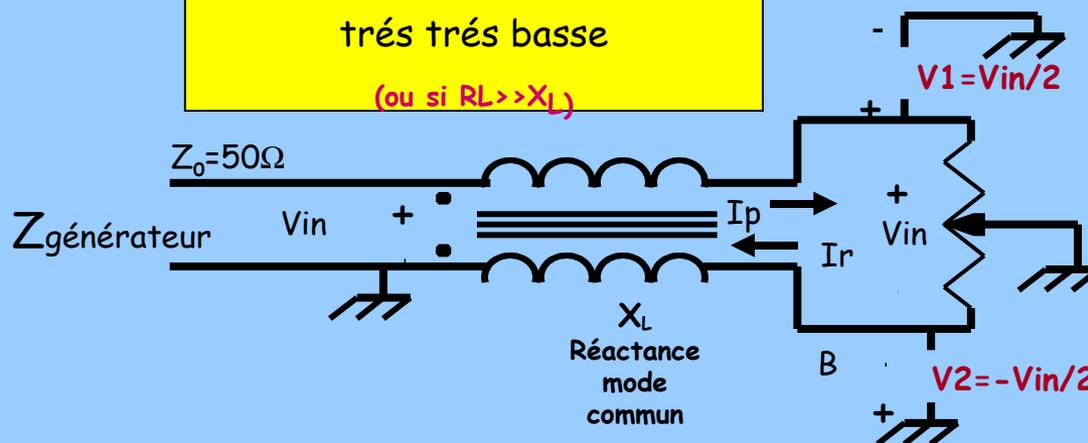


$RL \gg X_L$

Si $RL \gg Z_0$ on se retrouve dans la configuration où l'inductance des enroulements du balun est négligeable devant RL et on se retrouve dans le cas où tout le courant de retour passe par la masse

si la fréquence est très très basse
(ou si $RL \gg X_L$)

Si $RL \approx Z_0 \approx X_L$ la division de V_{in} entre les 2 moitiés de RL devient moins précise car une partie du courant I_r est dérivée par la masse >> les courants I_p et I_r ne sont plus équilibrés >> l'effet symétriseur est détérioré



V_{cm} est « max »

Pour les fréquences basses et si $RL=Z_0$, l'impédance des enroulements diminue à cause des caractéristiques du tore et le rapport RL/X_L augmente comme dans le cas ci dessus

Limite de fonctionnement: fréquence

Aux basses fréquences, le tore augmente la valeur de la réactance par rapport à une self sur air
 La fréquence min est déterminée par les caractéristiques de la ferrite

Aux hautes fréquences, le tore n'intervient plus (sauf par ses pertes)
 La fréquence max est déterminée par les capacités parasites qui shuntent la self, la longueur de la ligne par rapport à la longueur d'onde et son impédance caractéristique

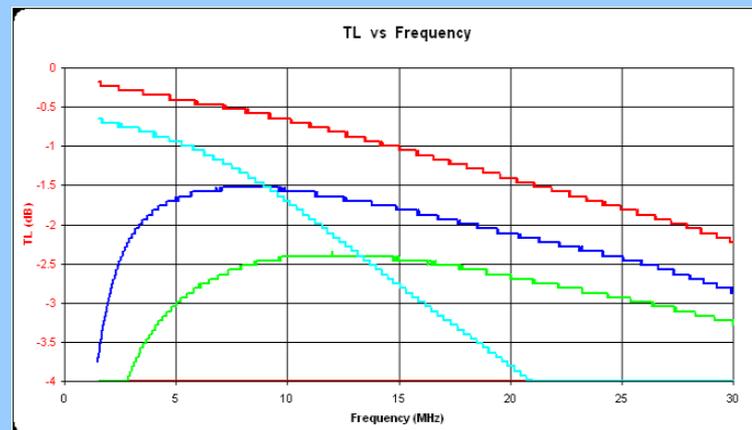
Tores AMIDON en poudre de fer													
Matériau type	Couleur												
3	Gris												
15	Rouge+blanc												
1	Bleue												
2	Rouge+blanc												
6	Jaune												
10	Noire												
12	Vert+Blanc												
17	Bleue+Jaune												
0													
Tores AMIDON ferrite													
43		10KHz			1MHz								
61			200KHz				10MHz						
63							15MHz		25MHz				
67							15MHz		25MHz				
77		1KHZ			2MHz								
83		1KHZ					5MHz						
F		1KHZ			1MHz								
J		1KHZ			1MHz								
K			100KHz						30MHz				
W		1KHZ			250KHz								
H		1KHZ			150KHz								
Fréquence		0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	30	50	100	200	300

Les baluns très large bande sont difficiles à faire et copier car le résultat dépend de beaucoup de détails et d'un savoir faire. On a souvent des pertes d'insertion, réponse en fréquence et impédance de mode commun non conformes

A la fréquence de fonctionnement, l'impédance de mode commun du tore doit être la plus élevée possible (tout en évitant une fréquence de résonance trop basse par capacités parasites qui shuntent la réactance) Il y a donc un compromis à réaliser !

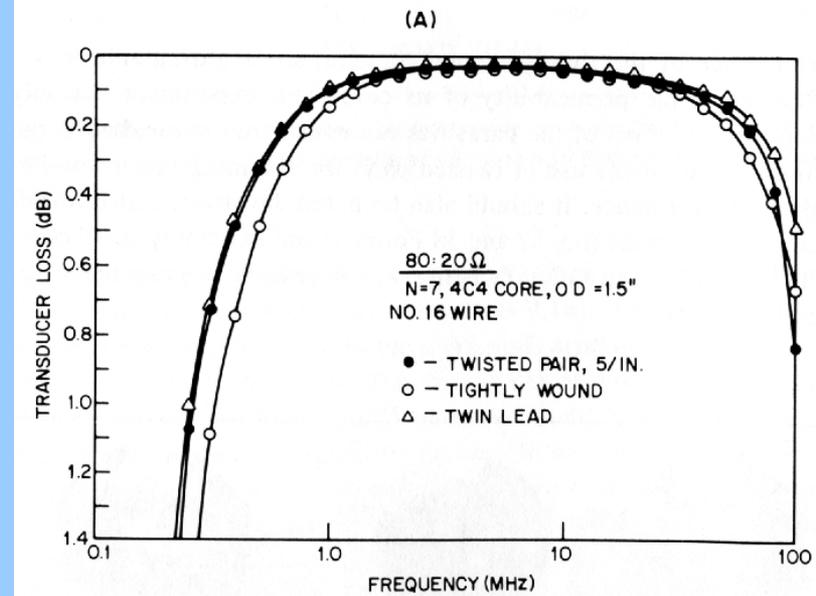
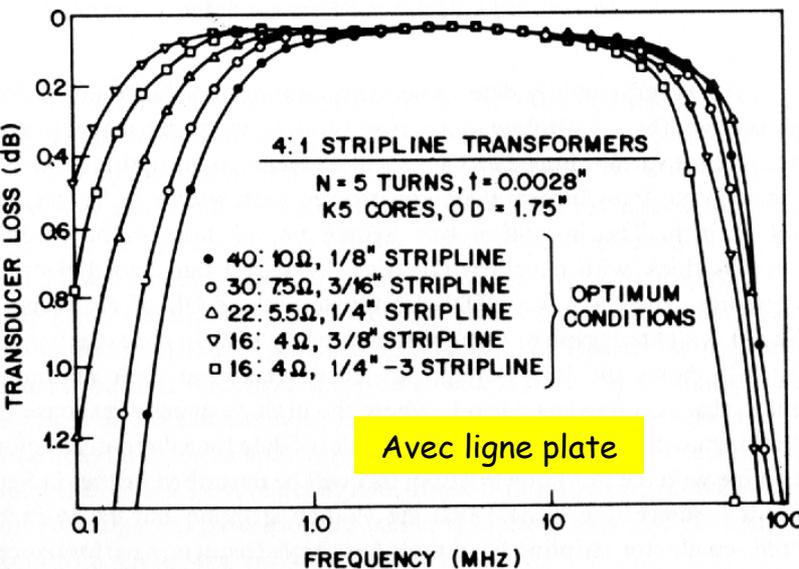
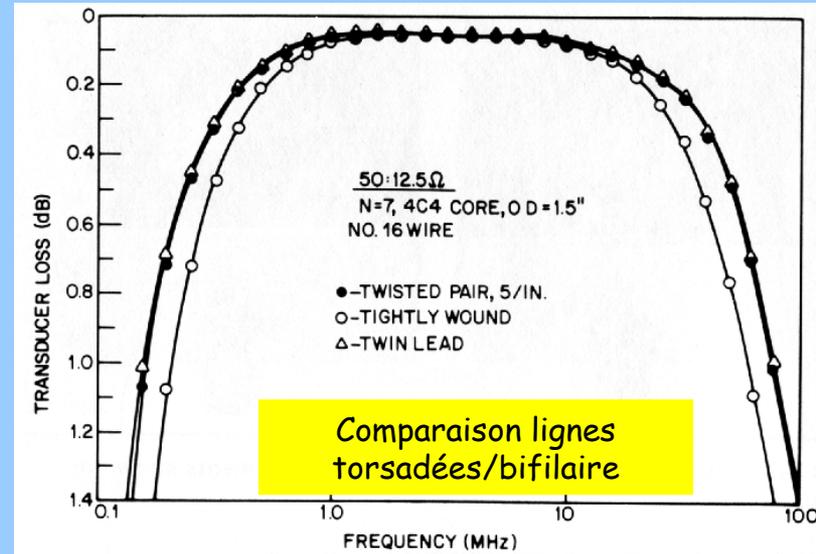
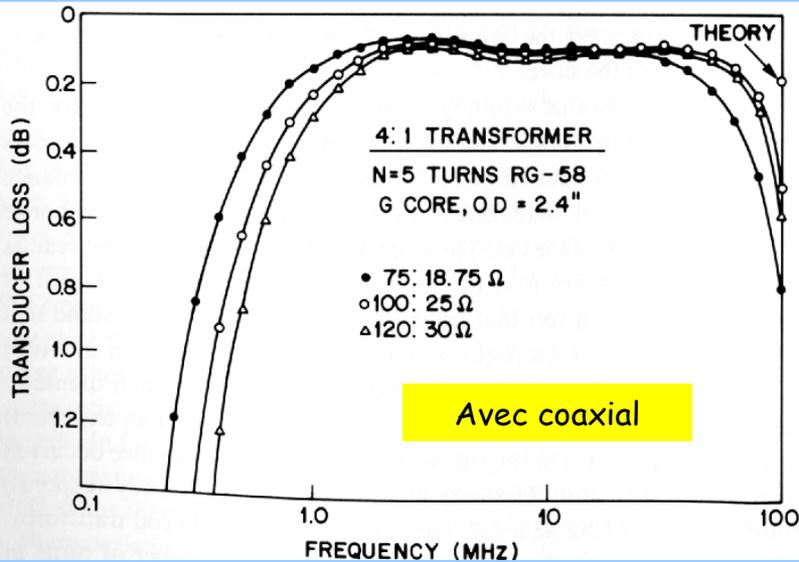
Limite de fonctionnement: fréquence

Se méfier des tores vendus dans les puces et sur e-bay qui peuvent être des mix « exotiques » conçus pour des alims à découpage et qui ont des pertes prohibitives au delà de 1MHz (ci dessous)



Pour une bande passante maximum, un balun est utilisé en deça (impédance selfique)et au delà (impédance capacitive) de sa fréquence de résonance parallèle.

Bande passante des baluns V



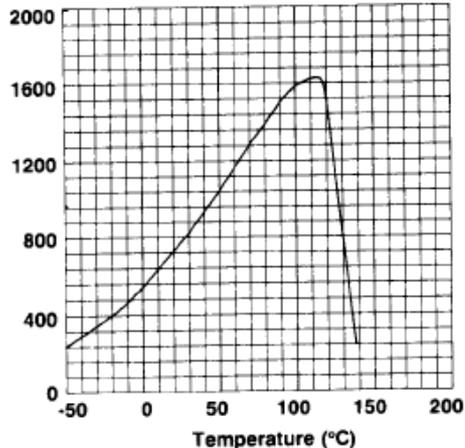
Limite de fonctionnement: Température

Au delà d'une certaine température tout matériau magnétique se « dé-aimante »
Les atomes sont alors dans un état désordonné qui les empêche de s'aligner magnétiquement
Cette désaimantation est réversible lorsque la température baisse
La température de basculement est appelée « **Point de Curie** »
Elle est caractéristique de chaque matériau
Par exemple 110° pour le cobalt, 770° pour le fer, 40° pour le Fer-Nickel
450° pour la ferrite type 63, 350° pour le type 61, 130° pour le type 43, 200° pour le type 77



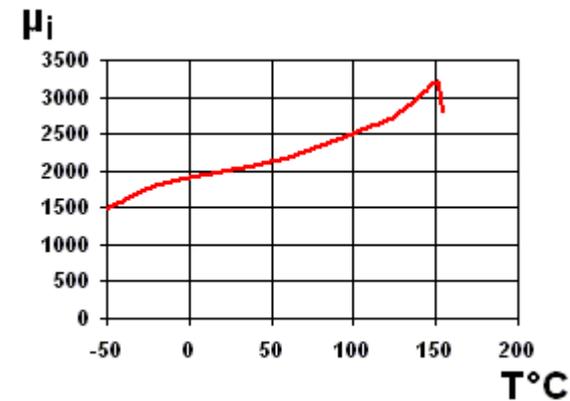
**UN BALUN NE DOIT PAS CHAUFFER AU DELA DU POINT DE CURIE
SINON L'INDUCTANCE DES ENROULEMENTS DIMINUE
ET L'EFFET DE SYMETRISATION DU BALUN EST ANNULE**

Initial Permeability vs. Temperature



Measured on a 25.4mm OD toroid at 100 kHz using a HP 4275A.

Limiter l'augmentation de température
à 100°(80° pour les tores poudre
de fer)
Au delà changer la taille du tore



Limite de fonctionnement: Puissance

ça dépend de la puissance, de la section et du matériau du tore, du nombre de spires, de la fréquence, des conditions d'adaptation, du ROS, de la température ambiante....

Quel tore pour mon balun?

Un tore « 1KW » peut griller avec 100 W si la charge a une impédance trop élevée par rapport à ses conditions optimales

Les pertes augmentent avec la température donc un emballement thermique est possible

Pertes ohmiques dans le cuivre des bobines

Pertes diélectriques dans le matériau du tore

Pertes par hystérésis dans le matériau du tore

A cause du réalignement des particules magnétiques à chaque alternance du champ HF et **AUGMENTENT AVEC LA FREQUENCE**

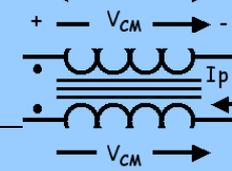
SURCHAUFFE!!!!

La limitation par échauffement dû aux pertes dans le matériau du tore et les bobinages intervient **AVANT** la saturation

Puissance
Fréquence
Valeur self
Matériau
Ambiance

Limitation du flux magnétique en fonction de la fréquence pour fonctionnement « sûr »

Frequency:	100 KHz	1 MHz	7 MHz	14 MHz	21 MHz	28 MHz
AC Flux Den.:	500 Gauss	150 Gauss	57 Gauss	42 Gauss	36 Gauss	30 Gauss



Limite de fonctionnement: Saturation

La puissance transmise induit des tensions V_{cm} élevées et des courants magnétisants qui dépassent le champ magnétique maximal supportable
 Au delà d'un seuil B_{max} , la perméabilité du matériau décroît, l'effet de symétrisation du balun décroît, les courants magnétisants et les distorsions croissent.....
 Valeur donnée dans les spécifications techniques

Les tores en poudre de fer sont moins sensibles à la saturation que les ferrites car grâce à leur faible perméabilité le champ magnétique est moins « dense »

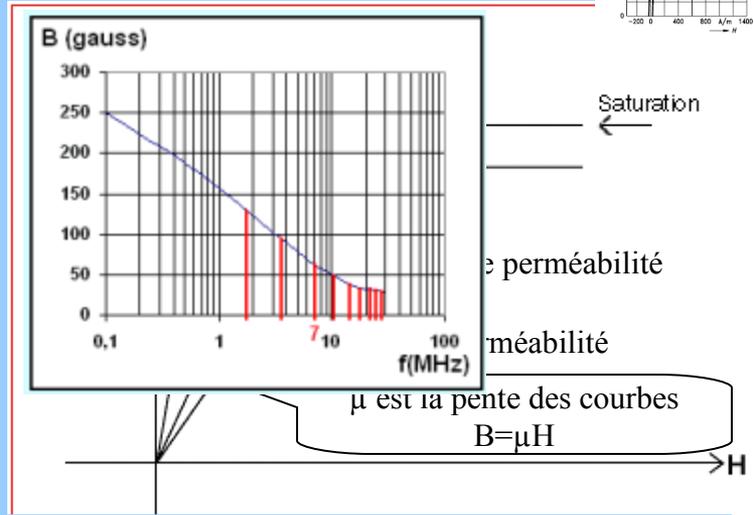
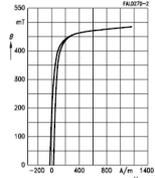
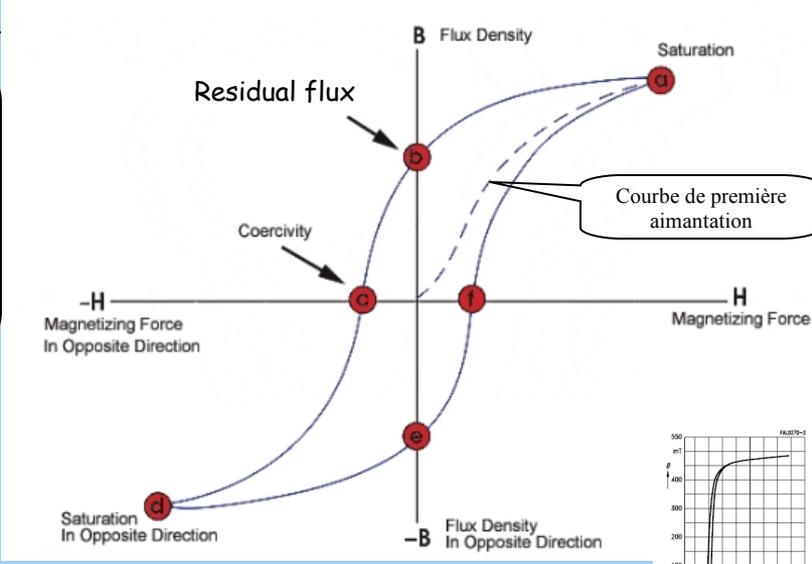
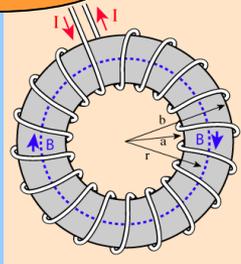
Mesure: utiliser un voltmètre RF

Valeur du flux magnétique dans le tore Doit être inférieure à la valeur limite du fabricant pour une utilisation fiable

$$B = \frac{V_{cm}}{0.044 S N F}$$

$$0.044 S N F$$

- B flux magnétique dans le tore, en gauss
- V_{cm} tension efficace aux bornes d'un enroulement du balun ($V_{cm} * 1.414$ pour sécurité)
- F fréquence en MHz
- N nombre de spires
- S section du tore en cm^2



1 Tesla=10000Gauss

Valeurs typiques 2000gauss pour les ferrites 5000gauss pour la poudre de fer)

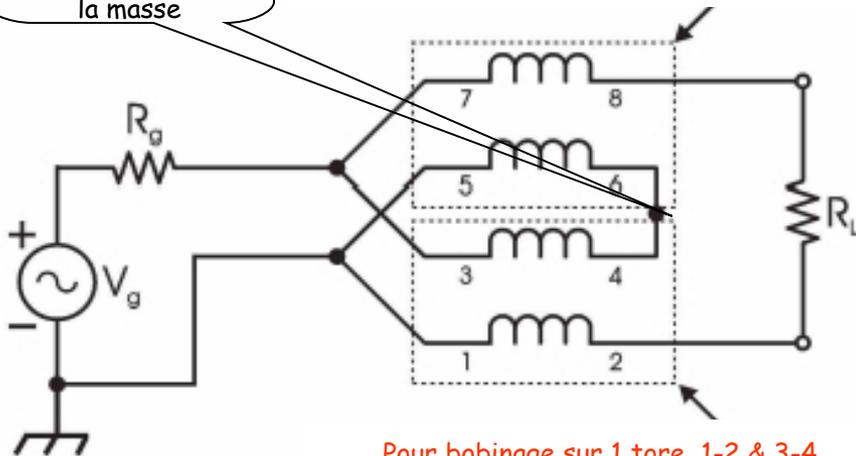
Si le point central de RL est à la masse UTILISER 2 TORES pour préserver les performances en bandes basses

Le Balun de courant: Transformation d'impédance 1:4 large bande

On peut forcer la symétrie en mettant ce point à la masse

Pour bobinage sur 1 tore, 7-8 & 5-6 sont bobinés sur 180° sens horaire

Pour bobinage sur 1 tore, 1-2 & 3-4 sont bobinés sur 180° sens antihoraire



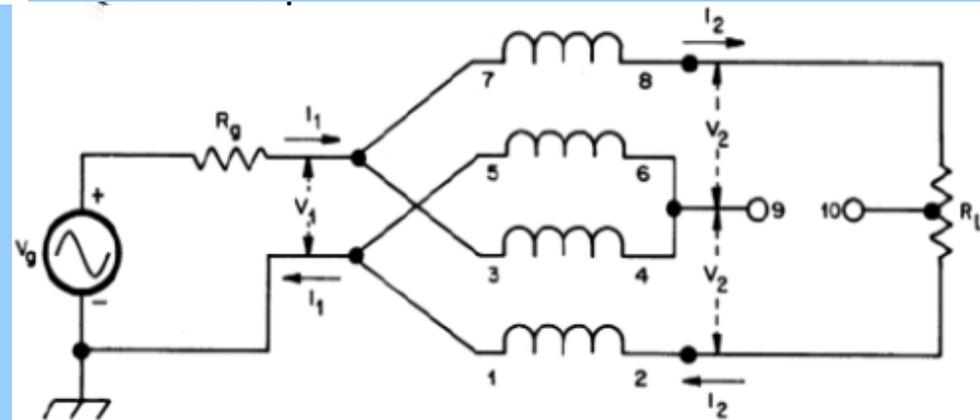
4 solutions possibles

- A-Balun de tension 1:4 et balun de courant 1:1 associés
- B-2 baluns de courants sur le même tore
- C-2 baluns de courant sur des tores distincts
- D-Chaine de tores sur 2 lignes coaxiales

Le principe est basé sur l'interconnection de 2 baluns avec les entrées en connection parallèle et les sorties en connection série

Le courant est divisé également entre les 2 baluns donc l'antenne ne voit que la moitié du courant et le double de tension (d'où le rapport 1:4)

Il y a possibilité d'utiliser un seul tore pour les 2 lignes si RL est flottante mais c'est déconseillé...

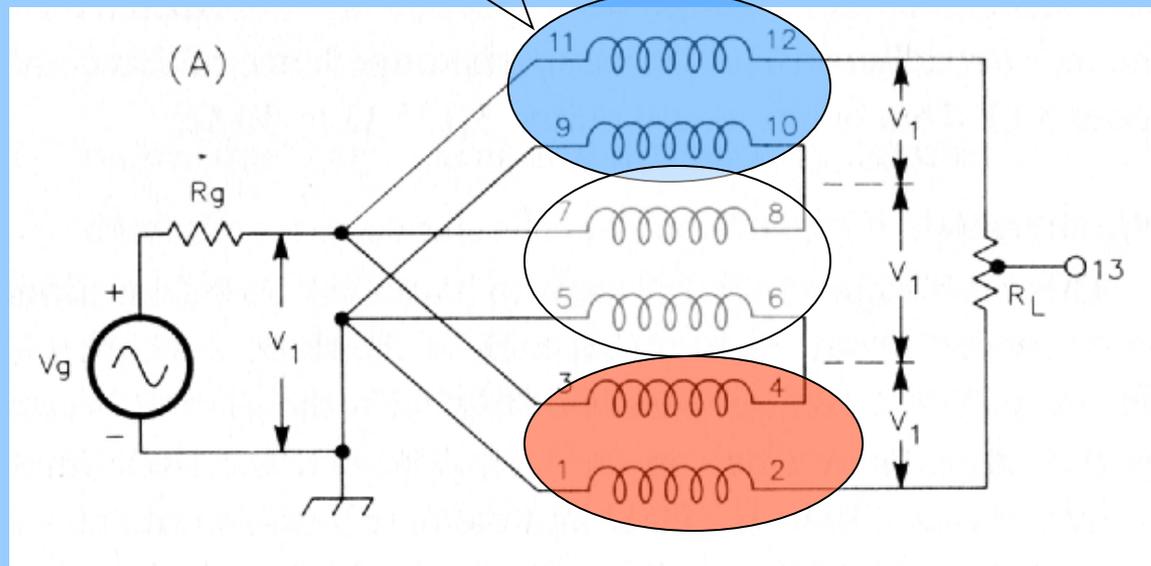


Le Balun de courant: Transformation d'impédance $1:n^2$ large bande

Si $Z_0 = R_L/2$ alors réponse HF optimale car chaque ligne est chargée par $R_L/2$

Le principe est même que pour la version 1:4
Les entrées sont en parallèle et les sorties en série
Le rapport est $1/n^2$ avec n le nombre de baluns 1:1 associés

3 Lignes Z_0



Balun de rapport $1:n^2$
Chaque ligne « voit » R_L/n

$$\gg Z_0 = R_L/n$$

$$Z_0 = \sqrt{R_L \cdot R_g}$$

$$Z_{in} = Z_0 \frac{R_L/2 + jZ_0 \tan \beta l}{2(Z_0 + jR_L/2 \tan \beta l)}$$

$$l = \text{longueur ligne} \quad Z_0 = \text{impédance ligne}$$

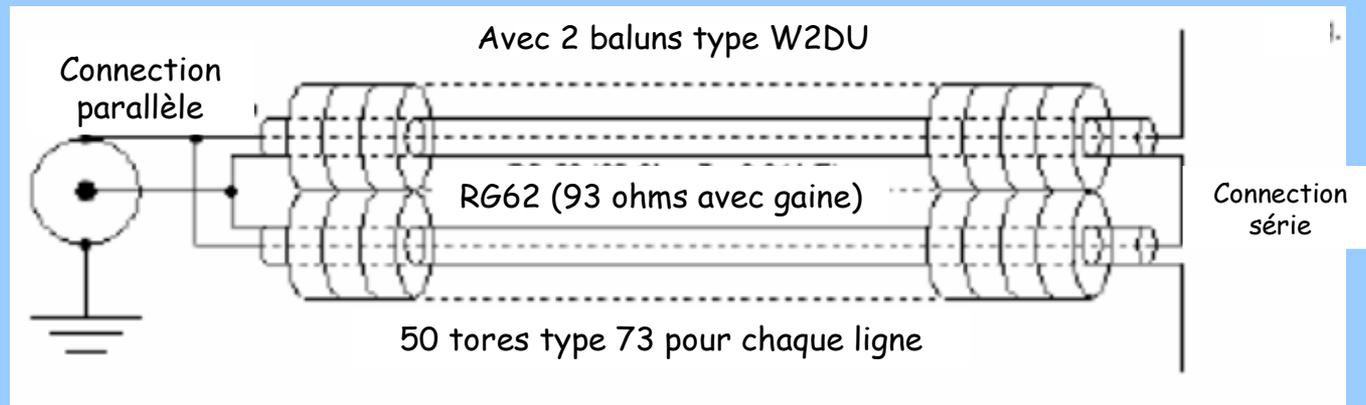
$$\beta = 2\pi/\lambda$$

$$\beta = 2\pi/\lambda$$

Il est possible de réaliser une transformation d'impédance 1:16 en associant 4 baluns 1:1

Le Balun de courant: Transformation d'impédance large bande

Autre principe pour réaliser la mise en parallèle des courants d'entrée et la mise en série des tensions de sortie



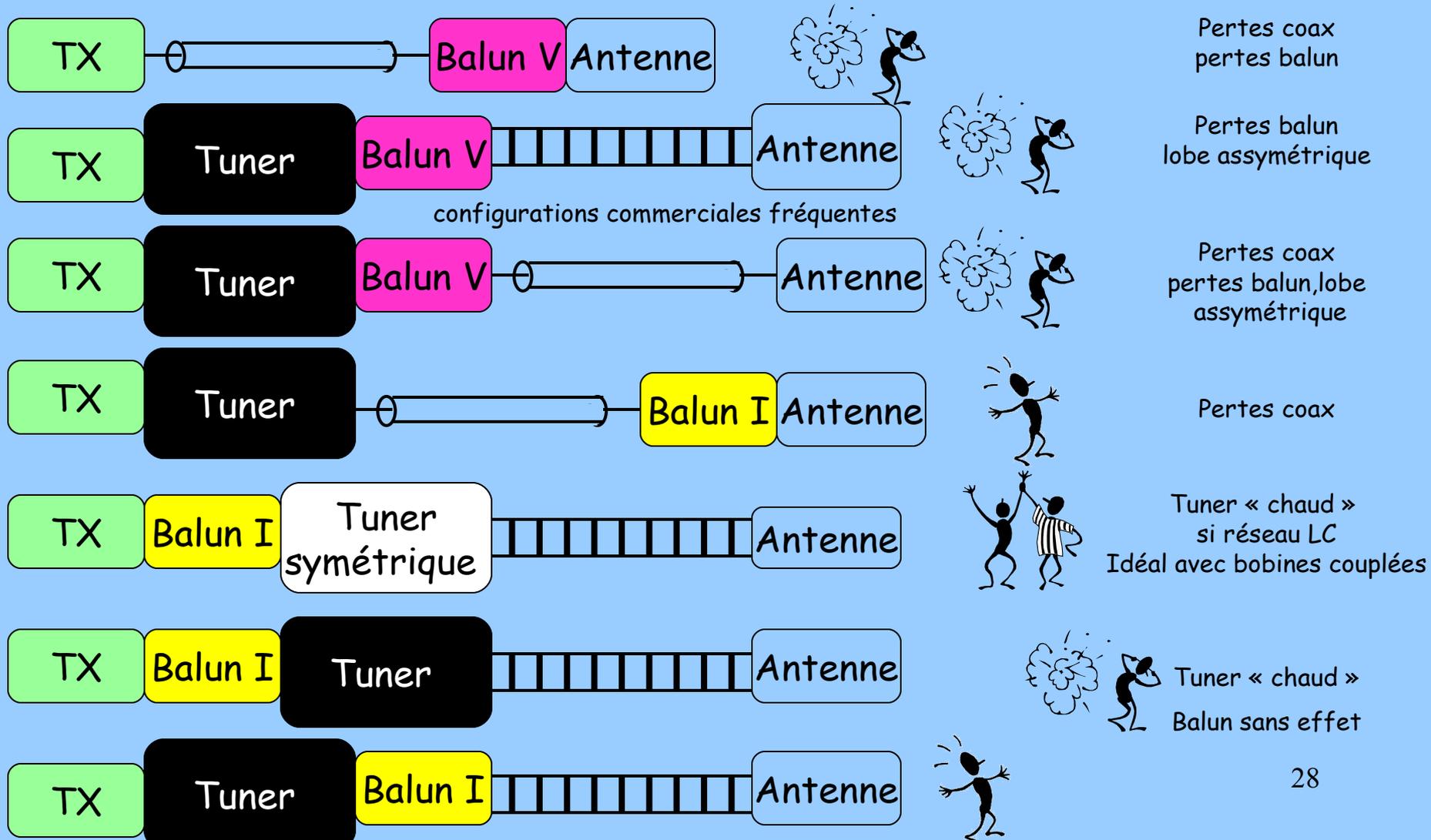
L'impédance caractéristique des coaxiaux sous ferrite est égale à la moyenne géométrique des impédances ligne et antenne

$$Z_{\text{coax}} = (Z_{\text{ligne}} \times Z_{\text{antenne}})^{1/2}$$

Soit pour le couple 50/200 ohms

$$Z_{\text{coax}} = (50 \times 200)^{1/2} = 100 \text{ ohms}$$

Les Baluns : Association avec tuners



Comment reconnaître un bon Balun?

- 1-Il utilise un tore de faible perméabilité (μ)
- 2-Il présente une impédance suffisante aux basses fréquences
- 3-Le flux dans le tore est négligeable
- 4-L'impédance caractéristique de la ligne bobinée est égale à son impédance de charge
- 5-Les conducteurs ont un isolement diélectrique élevé (>1900V)
- 6-Il tolère une charge désaccordée ou assymétrique
- 7-Il ne chauffe pas



Le balun parfait n'existe pas.

Un balun est le résultat d'un compromis Bande passante/pertes/Puissance

Bande passante $\rightarrow \mu$ élevée \rightarrow pertes élevées

Concevoir/fabriquer un balun

Le processus logique

Définir l'impédance de la ligne bobinée

Définir l'isolation des conducteurs

Bandes hautes à favoriser

« petit » tore

Bandes basses à favoriser

« gros » tore

Forte puissance

« gros » tore

Bandes hautes & basses & forte puissance

Compromis dans le choix du tore

Choisir le matériau (μ)

Sélectionner le fil de bobinage

Sélectionner le nombre de spires

Bobiner la ligne et mesurer l'impédance sur la gamme de fréquence

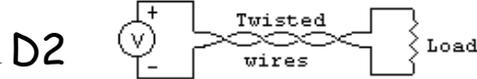
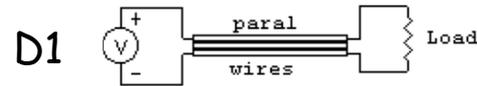
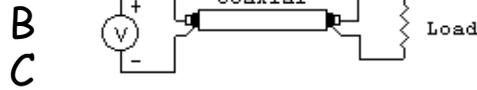
Vérifier $Z_0 > 10 \times Z$ antenne
Vérifier l'échauffement

Choisir une ligne bifilaire ou coaxiale?

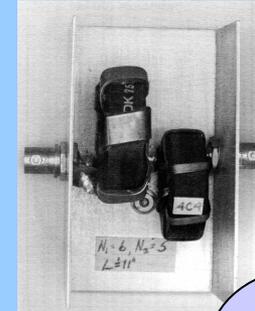
les performances des coax et ligne bifilaire sont équivalents

Capacité parasite plus élevée que D1

Difficile à réaliser avec fils de gros diamètre!



Transmission Line Mode
1:1 SWR



A

Le choix dépend de Z0 mais surtout de la taille du tore et du nombre de spireset de la difficulté à fabriquer une ligne parallèle avec Z0 constante ou de bobiner du coax sur un tore



Si $Z_0=5-14 \Omega$

A-Ligne plate homemade

Si $Z_0=10-35 \Omega$

B-Coaxial homemade

Si $Z_0=50-92 \Omega$

C-Coaxial commercial

Si $Z_0=3-200 \Omega$

D-Ligne bifilaire homemade

Courants plus élevés
Tension de claquage plus élevée

Facile à réaliser

Définitions specs

Valeur réactance
 $X_L \text{ min} = 1000 \Omega$
à la fréquence la plus basse

La valeur de la réactance de la self doit être supérieure à 10 fois la valeur de la charge « vue »

Type de ligne

Coax pour forts courant et tensions , bifilaire pour ZO « exotiques »

Faibles capacités
parasites

Utiliser de préférence la ligne bifilaire non torsadée et tore à « forte » perméabilité

Longueur ligne
 $< \lambda/8$ à la fréquence la plus haute

La longueur de la ligne bobinée doit être $< \lambda/8 * \text{coefficient vitesse}$ à la fréquence la plus élevée

Puissance max

Tenir compte du rendement (97 à 99%)

Choix tore
ou bobine ou ...

Adapter le matériau et la taille du tore ou utiliser un « choke balun »
Tenir compte des variations de Z de la charge

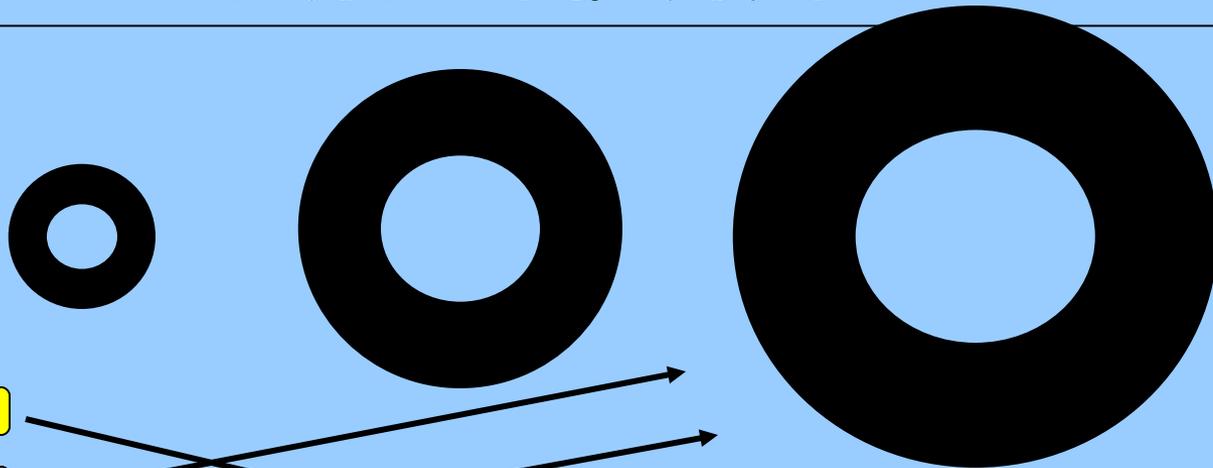
Pertes résistives
minimales

Utiliser du coax ou le fil de cuivre le plus gros possible

Conception
mécanique

Légère, protection pluie, robuste, éviter la condensation³³

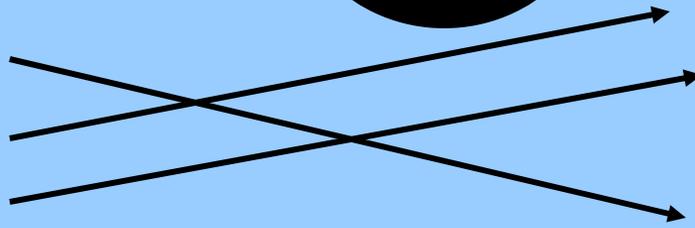
Choix du tore



Fréquence

Puissance

Longueur ligne



Perméabilité μ

Perméabilité μ

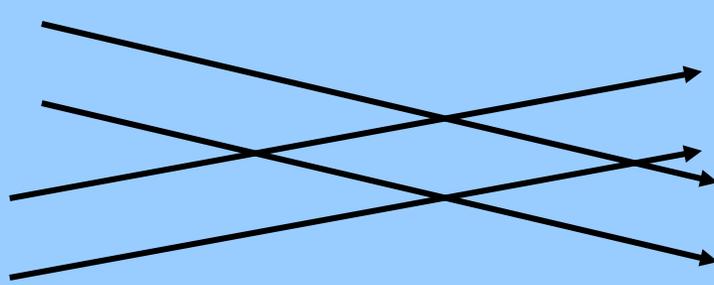
Perméabilité μ

Puissance

Longueur ligne

Fréquence

Pertes



Les tores en poudre de fer sont recommandés pour fortes puissances car la tension V_{cm} est distribuée sur plus de spires (μ plus faible) et la densité de flux est plus faible que pour les ferrites, ce qui les rend plus tolérants aux stress liés aux charges dissymétriques. Mais les meilleures bandes passantes sont obtenues avec des ferrites.

Choix du tore

Perméabilité μ

$\mu=250$ pour 1.8 MHz (type K)
 $\mu=125$ pour 3.5-10 MHz (type 61)
 $\mu=10-40$ pour 14 MHz et au delà (type 67 ou 2)

Matériau

Ferrites (céramique NiZn) pour
grandes bandes passantes (FTxx-y)

Poudre de fer «(carbonyl) pour fortes
puissances (Txx-y)

Dimensions

Diamètre 1/2 " pour QRP et réception (T50)
Diamètre 1.5" pour conditions
parfaites et 1KW (T157)
Diamètre 2.5" pour 1KW sécurité (T300)

Rem: on peut aussi empiler les tores
pour obtenir la section voulue

Exemple de design: dipole 7MHz

Valeur réactance
 $X_L \text{ min} = 1000 \Omega$
à la fréquence la plus basse

Pour une bobine sur tore $X_L = 2\pi F (A_L N^2 10^{-4})$
Pour une bobine sur tube PVC ou en l'air $X_L = 2\pi F \mu_0 N^2 S / l$

Valeur impédance
caractéristique ligne

$Z \text{ ant} = 63 \text{ ohms}$
 $Z \text{ ligne} = 75 \text{ ohms}$
 $Z_0 = (63 * 75)^{1/2} = 68.7 \text{ ohms}$

Type de ligne

coax 75ohms RG216 (diamètre 10.8mm vitesse 66%)

Longueur ligne
 $< \lambda/8$ à la fréquence la plus haute

La longueur max de la ligne bobinée = $0.66 * 300 / (7 * 8) = 3.5 \text{m}$

Puissance max

500w

Choix tore
ou bobine ou ...

Bobine sur PVC diamètre 13cm
Pour $X_L = 1000 \Omega = 2\pi F \mu_0 N^2 S / l = 2\pi * 7 * 10^6 * 4\pi * 10^{-7} N^2 * 0.0132 / (N * 10.8 * 10^{-3})$
 $N \geq 14.8$ spires
Longueur de câble 6.6m soit longueur électrique 10m ($\gg \lambda/8$)

Tore FT240-61 ($A_L = 173 \mu\text{H}/\text{spire}$ Section = 1.57cm^2)
Pour $X_L = 1000 = 2\pi F A_L N^2 10^{-4} = 2\pi * 7 * 1730 * 10^{-4} N^2$
 $N \geq 11.4$ spires de longueur 8.5cm soit $\sim 97 \text{cm}$ ($\ll \lambda/8$)

Exemple: Multi dipole 14-28MHz

Valeur réactance
 $X_L \text{ min} = 1000 \Omega$
à la fréquence la plus basse

Pour une bobine sur tore $X_L = 2\pi F (A_L N^2 10^{-4})$
Pour une bobine sur tube PVC ou en l'air $X_L = 2\pi F \mu_0 N^2 S / l$

Valeur impédance
caractéristique ligne

$Z \text{ ant} = 63 \text{ohms}$
 $Z \text{ ligne} = 75 \text{ohms}$
 $Z_0 = (63 * 75)^{1/2} = 68.7 \text{ohms}$

Type de ligne

coax 75ohms RG216 (diamètre 10.8mm vitesse 66%)

Longueur ligne
 $< \lambda/8$ à la fréquence la plus haute

La longueur max de la ligne bobinée = $0.66 * 300 / (28 * 8) = 0.88 \text{m}$

Puissance max

100w

Choix tore
ou bobine ou ...

Bobine sur PVC diamètre 13cm
Pour $X_L = 1000 \Omega = 2\pi F \mu_0 N^2 S / l = 2\pi \cdot 14 \cdot 10^6 \cdot 4 \pi \cdot 10^{-7} \cdot N^2 \cdot 0.0132 / (N \cdot 10.8 \cdot 10^{-3})$
 $N \approx 7.4$ spires
Longueur de câble 1.03m soit longueur électrique 1.56m ($> \lambda/8$ à 28MHz)

Tore T130-2 ($A_L = 110 \mu\text{H} / 100$ spires Section = 0.73cm^2)
Pour $X_L = 1000 = 2\pi F A_L N^2 10^{-4} = 2\pi \cdot 14 \cdot 12100 \cdot 10^{-4} N^2$
 $N = 3$ spires de longueur 7.3 cm soit $\sim 22 \text{cm}$ ($< \lambda/8$ à 28 MHz)

Exemple de balun de courant 1:4



Balun G8JNJ 1.8-50MHz

Tores T240K 14 spires fil téflon
diamètre 2.1mm



Montage d'un balun de courant 1:4

1-Protéger les arêtes vives de la ferrite



3-Préparer les fils



6-Mise en boîte



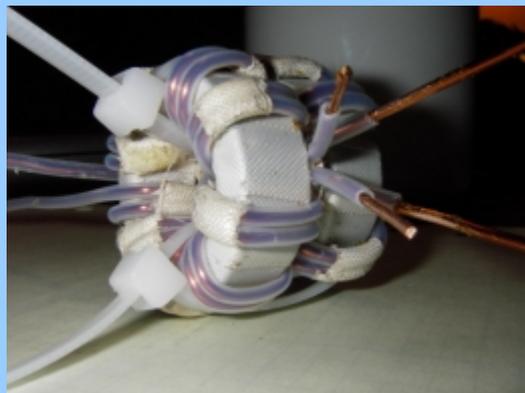
2-Bobiner la ligne



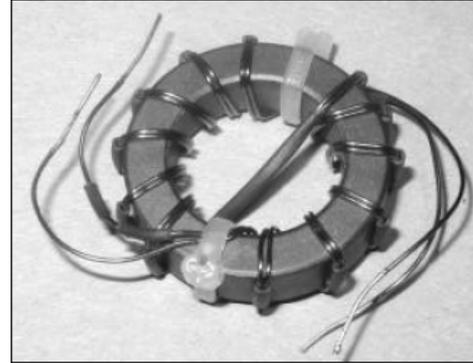
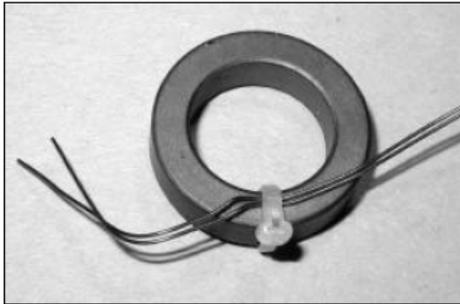
5-Connecter les fils coté out/in



4-Assembler les tores



Exemple de balun de courant 1:4

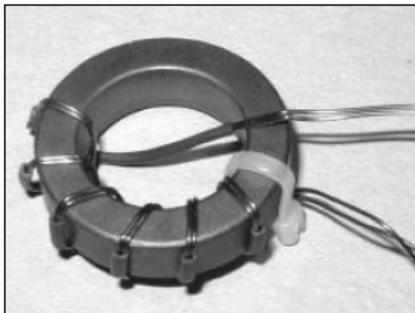
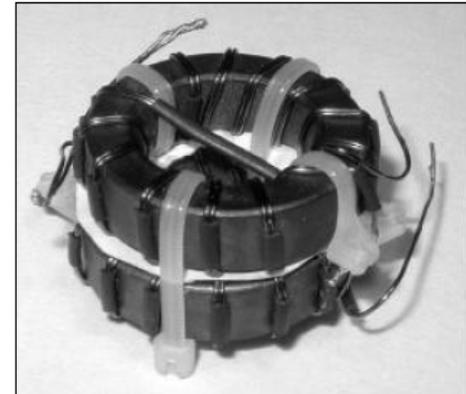


Le premier
tore est
terminé

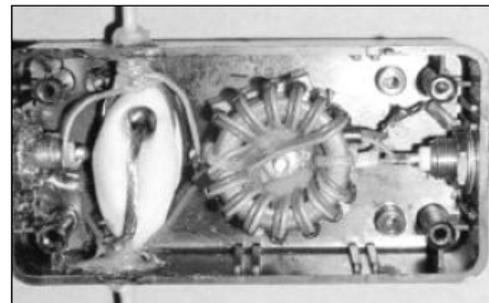
De la gaine
thermo
maintient les
fils parallèles



Montage des
2 baluns 1:1



Les 2 moitiés du
bobinage sont
en sens inverse
pour avoir les
connections
in/out
diamétralement
opposées



Exemple de balun de courant 1:1



Balun 1:1 G8JNJ

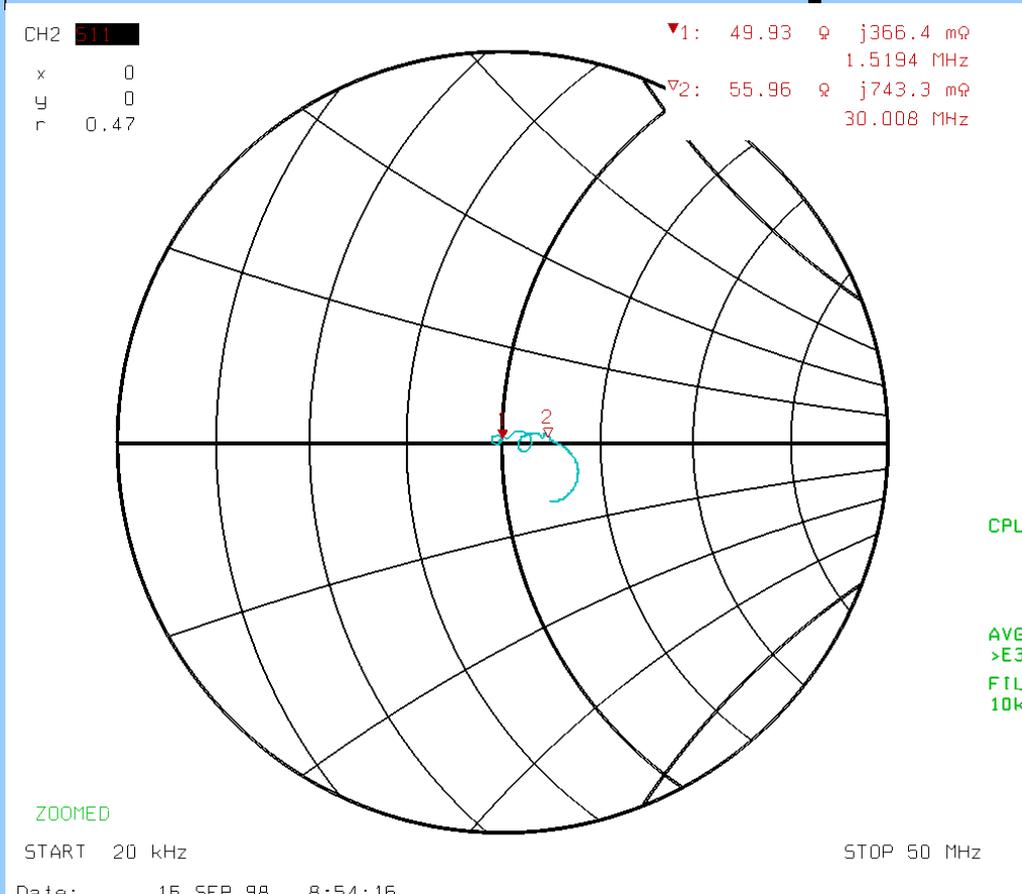
12 spires ligne bifilaire su 4x T240-61 ou T240K pour le 1.8MHz) pour TX 100w

Pour G5RV , il a gagné 6 points de bruit en RX quand il a remplacé 10 tours de coax sur tube 10cm diamètre à la base d'une ligne bifilaire par un balun avec 2 tores



Exemples de baluns de courant

F6AIX : ROS pour charge 50 Ω



Balun 1:1 Coax 50 Ω

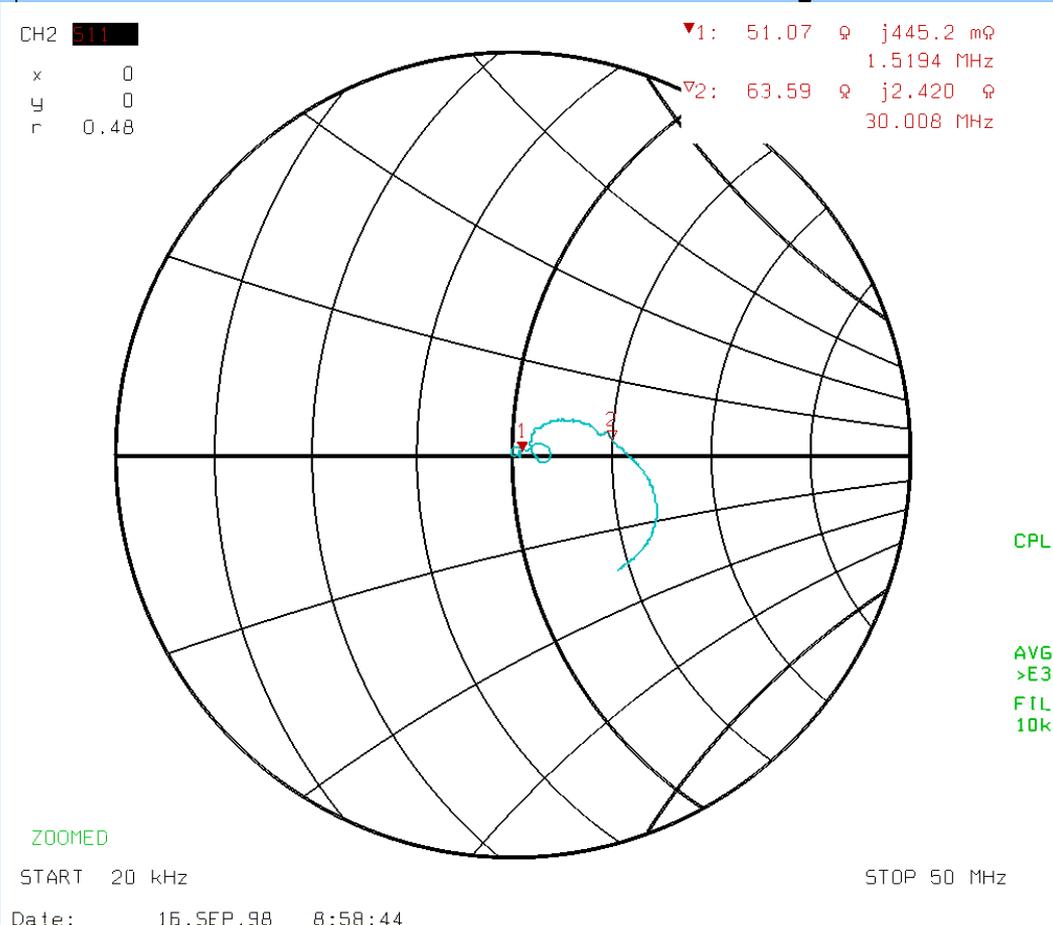
Atténuation 0.07dB jusqu'à 200MHz
ROS 1.12 à 30MHz

Impédance 24 Ω (3.5MHz), 145 Ω (21MHz)
1000 Ω (150MHz)

Tores ferrite FT50-61
 $\mu=125$ AL=69 μ H/spire

Exemples de baluns de courant

F6AIX: ROS pour charge 50 Ω



Balun 1:1 Ligne bifilaire torsadée 50 Ω
10 tours

ROS 1.03 à 1.5MHz
ROS 1.52 à 30MHz

CPL

AVG
>E3
FIL
10k

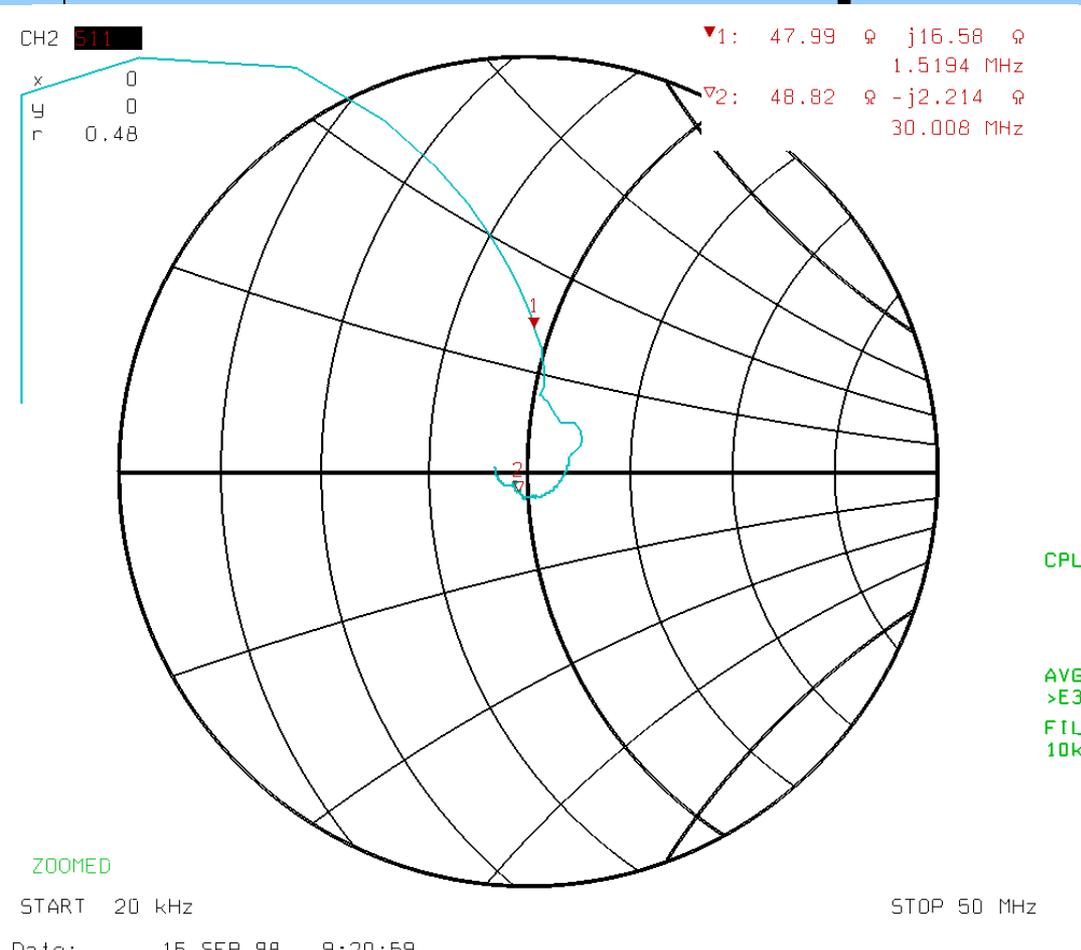
Performance dégradée par rapport à la version coax. La ligne a été vrillée à la main et le pas n'était pas très régulier...

La capacité parasite est plus importante et dégrade la performance en haut de gamme

Tores ferrite FT50-61
 $\mu=125$ AL=69 μ H/spire

Impédance 151 Ω (3.5MHz), 910 Ω (21MHz)

Exemples de baluns de courant F6AIX : ROS pour charge 200 Ω



Balun 1:4 Ligne bifilaire 100 Ω
10 tours pour chaque tore

ROS 1.14/1.4 à 1.5MHz
ROS 1.05/1.047 à 30MHz

Baluns calculés à 21MHz ce qui peut expliquer la mauvaise performance à 1.5MHz et que la répétabilité n'est bonne qu'en haut de gamme pour 2 baluns « identiques »

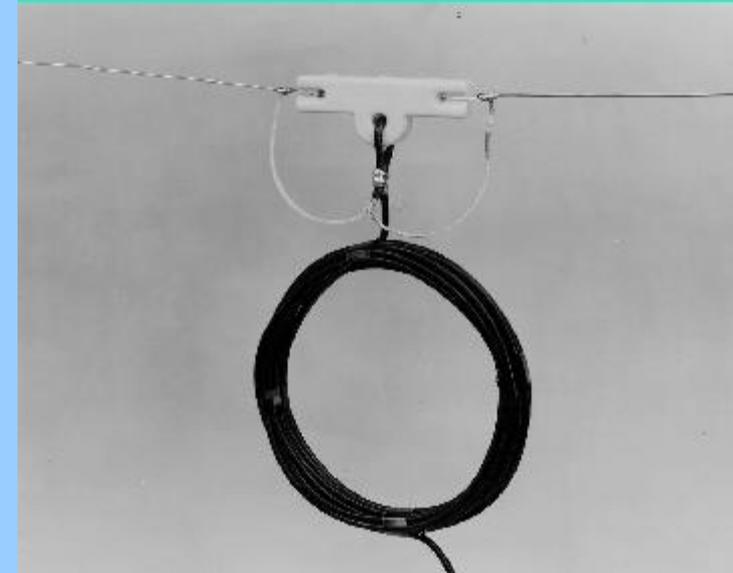
Tores ferrite FT50-61
 $\mu=125$ AL=69 μ H/spire

Chocke baluns

Réalisations pratiques

La résonance est large bande à cause des capacités parasites importantes résultant du bobinage en « vrac »

Les longueurs de coax ne sont pas critiques



MONOBANDE		
	RG213	RG8
3,5MHz	6,6m 8t	6m 6-8t
7MHz	6,6m 10t	4,5m 6t
10MHz	3,6m 10t	3m 7t
14MHz	3m 4t	2,4m 8t
21MHz	2,4m 6-8t	1,8m 8t
28MHz	1,8m 6-8t	1,2m 6-8t
MULTIBANDE		
	RG 8,58,59,8X,213	
3,5-30MHz	3m 7t	
3,5-10MHz	5,4m 9-10t	
14-30MHz	2,4m 6-7t	

Réalisations pratiques



15 tours diamètre 13cm
7-30MHz



RG213 & tores mix 43
Impédance 1K de 1.8à18MHz



W2DU

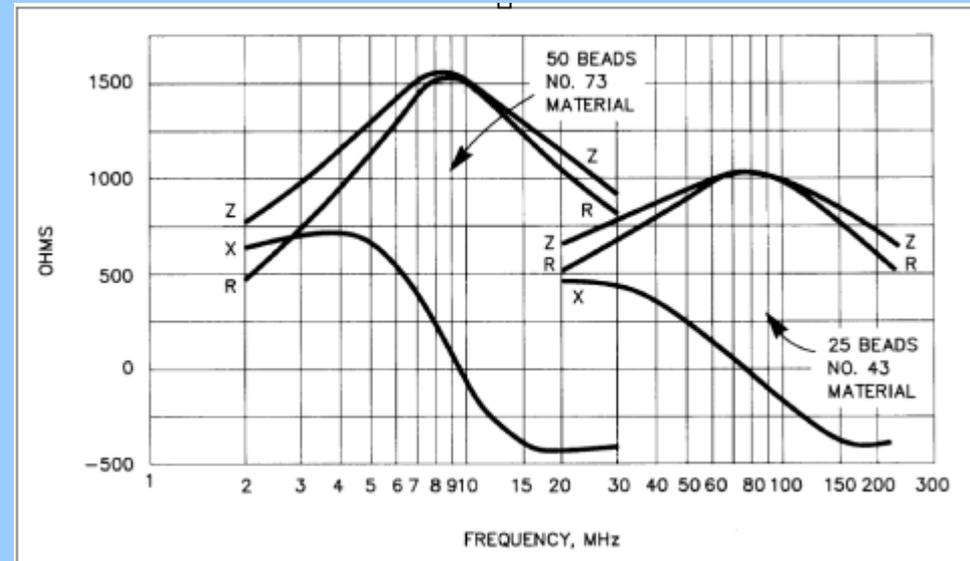
Autre forme de choke balun par W2DU qui utilise des tubes de ferrite enfilés directement sur la gaine extérieure du coaxial au niveau de l'antenne

Valeur typique 50 tubes amidon FB-73-2401 30cm de long sur du RG58

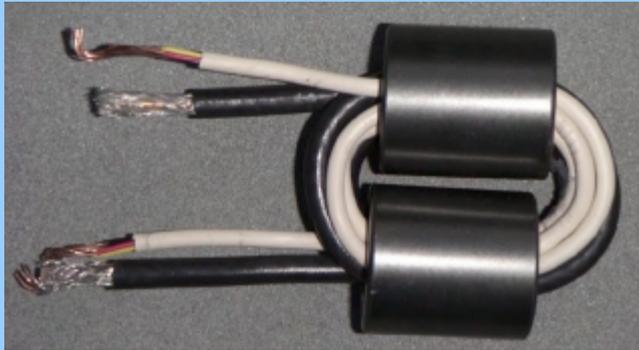
ou 12 tubes FB-77-1024 sur RG8 ou RG213

Le matériau 73 (à défaut le 77) est recommandé pour les bandes 1.8 à 30MHz

Le matériau 43 est à réserver à la gamme 30-250MHz



D'autres utilisation des chocke RF



Séparer les spires sur le tore pour minimiser la capacité parasite qui limite l'impédance aux fréquences hautes

Impédance 1K de 1.1MHz à 26MHz



Tester les Baluns

Test de l'efficacité: ~~Variation du ROS~~

Ne pas tester en touchant le coax et en surveillant le ROS : si ça modifie le ROS ça indique seulement la présence de courants de mode commun importants, dans le cas contraire **ça ne prouve RIEN**

Il n'y a changement du ROS que lorsque l'impédance de la main est très faible par rapport à l'impédance de mode commun du câble au point de contact

La proportion d'impédance attribuée à la ligne par rapport à l'impédance totale du système d'antenne doit être significative pour avoir une variation du ROS

Si on modifie la longueur du câble coax et qu'on observe une **modification du ROS** on peut juste affirmer qu'il **existe des courants de mode commun**

La méthode n'est pas précise

Test de l'efficacité: le courant de mode commun

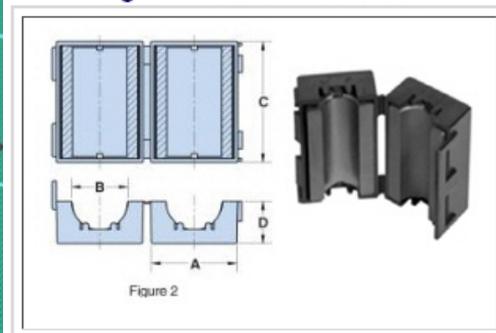
Le test le plus simple et le plus précis pour tester l'efficacité d'un balun est de mesurer les courants de mode commun de la ligne avec un ampèremètre HF qui ne perturbe pas le système

En glissant la ferrite le long du coax sur au moins une longueur de $\lambda/4$ on a une bonne idée des courants de mode commun

L'ampèremètre HF consiste en un transformateur de courant dont le feeder constitue le primaire et réalisé avec un tore clipsable sur le feeder avec un enroulement chargé par une faible résistance et un redresseur et un voltmètre haute impédance



Fig 6: Fair-rite 0443164151



<http://vk1od.net/measurement/icm/index.htm>

Test de l'échauffement

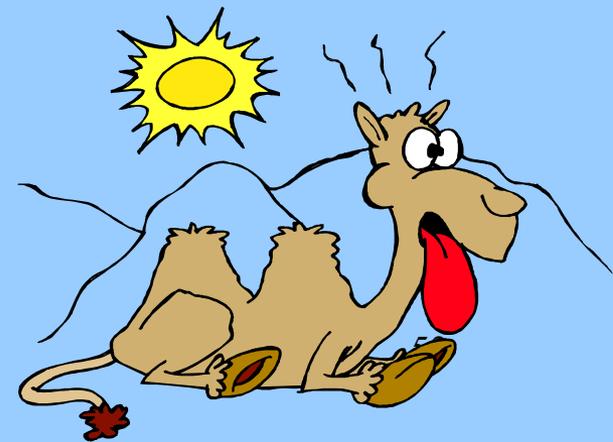
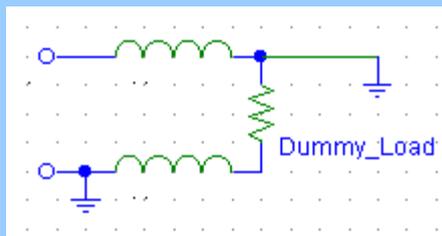


Un balun de courant (ou choke balun) peut être testé en connectant l'une ou l'autre sortie symétrique à la masse et en chargeant avec une Dummy load

En utilisation réelle le stress peut être supérieur à celui de ce test mais il donne une idée raisonnable de la puissance utilisable en conditions « raisonnables »

Le balun ne doit pas chauffer lors de l'application de la puissance max pour la durée max du cycle d'opération et pour la température ambiante ou radiante (soleil) max

Avec la configuration ci dessus , la mesure du ROS doit rester stable lorsqu'on court-circuite l'une ou l'autre sortie à la masse et ceci à la puissance d'utilisation max

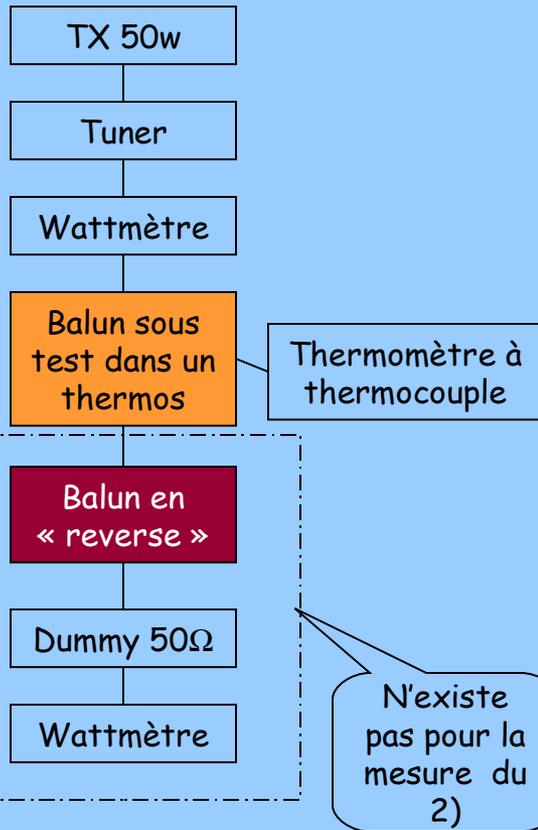


Ce test permet aussi de mesurer l'atténuation d'insertion du balun (qui est la moitié de l'écart entre les 2 wattmètres)

<http://www.sp5ddj.pl/Balun%201-4.pdf>

Pour les tores en poudre de fer, la température ne doit pas dépasser 80°C en fonctionnement « normal »

Mesure de l'échauffement

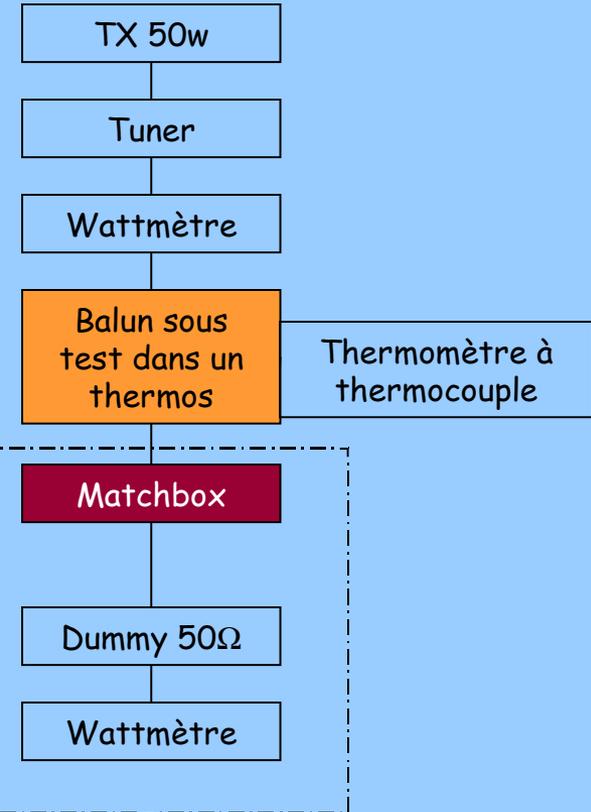


1-Si l'émetteur n'est pas capable de fournir la puissance nécessaire en continu, la puissance HF est appliquée 10mn puis repos 10mn, puis HF 10mn puis repos 10mn, puis HF 10mn etc jusqu'à ce que la température soit stable

2-On remplace alors le balun par une résistance non inductive et on applique le même timing avec une puissance juste nécessaire pour obtenir le même échauffement

3-Cette puissance est égale à celle perdue par échauffement du balun et ses bobinages

(selon les sources, à puissance constante, il faut entre 20 et 120mn pour stabiliser, donc un test de 5mn n'est pas significatif)



Test avec charge 50 Ω

les 2 baluns sont identiques et connectés « dos à dos »

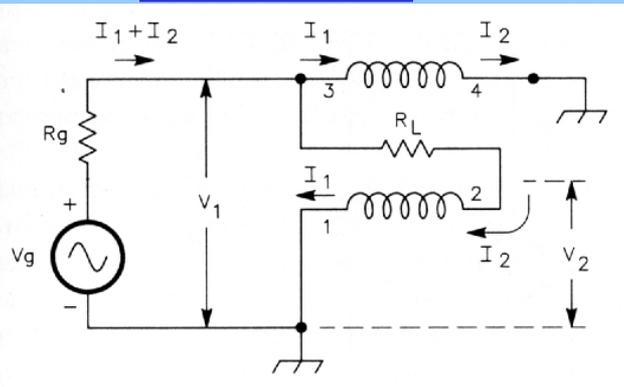
Test avec charge désadaptée

La matchbox réalise une charge symétrique avec une impédance variable

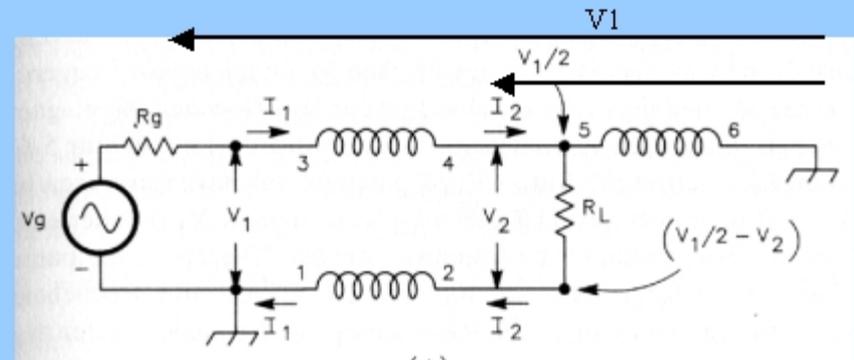
Baluns de tension

Balun de tension : comment ça marche?

Balun 1:4



Balun 1:1



Si $Z_0 = 2 R_g$ les enroulements 1-2 et 3-4 forment une ligne bobinée Z_0 qui répète l'opposé de la tension d'entrée $\rightarrow V_2 = -V_1$ et le potentiel du point 2 est égal à $-V_1$

R_L « voit » donc une tension double de l'entrée et doit avoir une impédance $4 R_g$ pour la conservation de la puissance

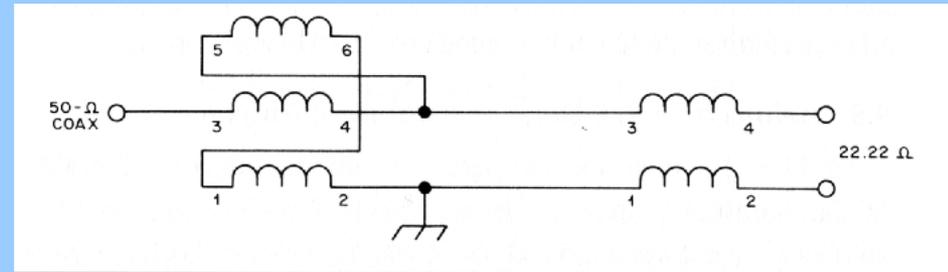
En utilisation balun d'antenne le bobinage 5-6 n'est pas strictement utile si la réactance de la ligne bobinée est très supérieure à R_L

Si cette réactance est trop faible (aux basses fréquences), 5-6 laisse passer un courant magnétisant qui chauffe le tore et peut le détruire

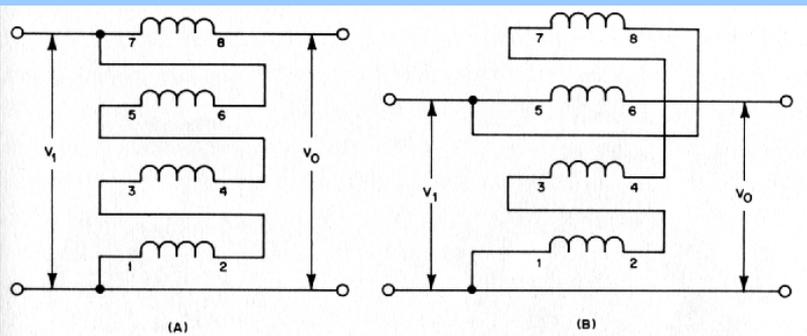
Si $R_L = Z_0$ les enroulements 1-2 et 3-4 forment une ligne bobinée Z_0 qui répète la tension d'entrée $\rightarrow V_2 = V_1$ et le potentiel du point 2 est égal à $-V_1/2$

Pertes de 1dB si la ligne est $\lambda/4$ et infinies si $\lambda/2$

Le balun de tension: rapports de transformation à la carte

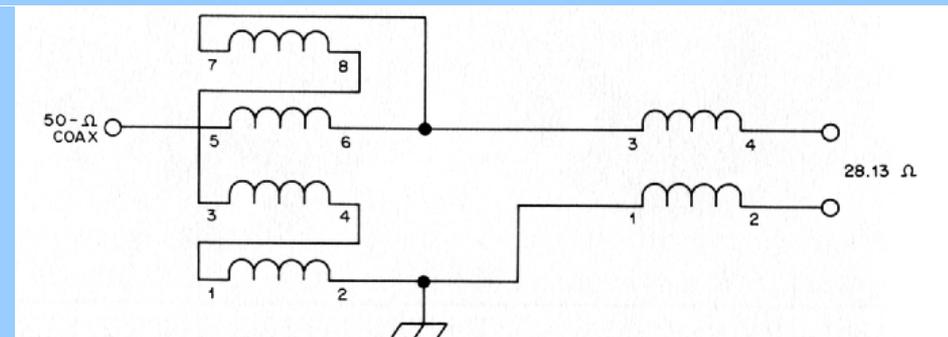


Rapport 1:0.4 avec balun de courant 1:1 en sortie



Rapport 1:1.78

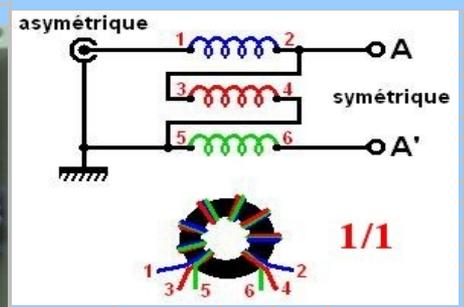
- (B) pour hautes impédances
- (C) (B) pour basse impédances



Rapport 1:0.6 avec balun de courant en sortie

CALCUL DES TRANSFORMATEURS BALUNS ET UNUNS
 LARGE BANDE 1,5 - 30 (24 - 54) MHz
 Données d'entrée: Noir sur fond bleu
Meilleurs résultats: Rouge sur fond jaune
 Résultats (passables) admissibles: Noir sur fond orange
Résultats non acceptables: Noir sur fond rouge
 Puissance HF (crête) 1000 Watts
 Fréquence minimale de service 1,800 MHz
 Fréquence maximale de service 30,000 MHz
 Impédance primaire (basse impédance) 50 Ohms
 Fréquence de calcul pour impédance moyenne 4,90 MHz
 Tension HF crête au primaire (TOS 1A) 224 Volts
 Tension HF crête au primaire (TOS 3A) 387 Volts
 Tension HF crête au primaire (TOS 10A) 707 Volts
 Section du cuivre @ 3,3 Amperes / mm2 1,35 mm2
 Diamètre du cuivre nu (monobrin) 1,31 mm
 Diamètre extérieur des fils, sur isolant. 2,10 mm
 Nb de tours bi/tri/quadrifilaires à l'intérieur du tore 7
 Nb de fils parallèles pour chaque tour (2, 3, 4, 5) 3
 Rapport de transformation 9 / 1
 Impédance de charge secondaire (haute impédance) 450 Ohms
 Tension crête HF au secondaire (TOS 1A) 671 Volts
 Tension crête HF au secondaire (TOS 3A) 1162 Volts
 Tension crête HF au secondaire (TOS 10A) 2121 Volts

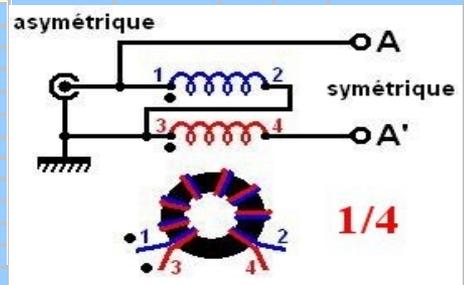
Made by F1FRV July / Juin 2013 rev 0b3
 Checked by F2MM <http://f1frv.free.fr> [f1frv@sfr.fr](http://f1frv.sfr.fr)
 Acc. to ISO 9000 HI ...



PTFE SPAGHETTIS TEFLON
!!! INSULATION / ISOLATION

TO PLACE ALL WIRES. SI LA REF. DU TORE EST "TOO SMALL" LA RAISON EST: PAS LA PLACE POUR TOUS LES FILS.

Tores	TOO SMALL	FT140-43	FT240-43	FT290-43	
Inductance spécifique (Al) nominale (+/- 20%) d'un tore	510	885	1075	1300	nH.ép2
Diamètre intérieur du tore	18,5	22,5	35	38	mm
Section d'un tore	0,37	0,79	1,58	2,15	cm2
Flux maximum pour le matériau	2900	2900	2900	2900	Gauss
Nb de tores empilés	2	2	1	1	
Impédance moyenne du bobinage secondaire	1539	2671	1622	1962	Ohms
Rapport impédance secondaire / impédance charge	3,42	5,94	3,61	4,36	
Flux @ TOS 1/1 (A limiter à 90% du max.)	1146	537	537	394	Gauss
Flux @ TOS 3/1 (A limiter à 90% du max.)	1984	929	929	683	Gauss
Flux @ TOS 10/1 (A limiter à 90% du max.)	3623	1697	1697	1247	Gauss



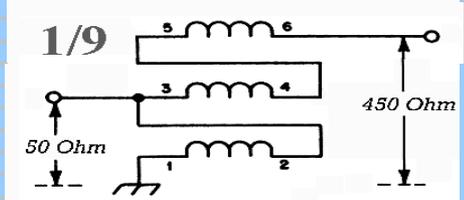
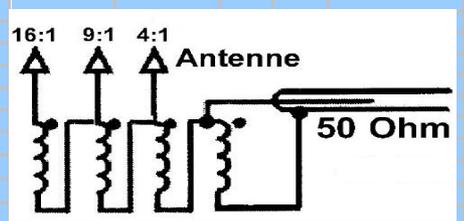
LEMENT -2,8 FOIS L'IMPEDANCE DE LA CHARGE SECONDAIRE (ANTENNE). PERFORMANCES ACCEPTABLES DE 1,5 A 6
 ONDARY LOAD (ANTENNA) IMPEDANCE. ACCEPTABLE PERFORMANCES FROM 1,5 TO ~6 TIMES.

Tores	TOO SMALL	FT140-77	FT240-77	FT290-77	
Inductance spécifique (Al) nominale (+/- 20%) d'un tore	1365	2400	2950	3500	nH.ép2
Diamètre intérieur du tore	18,5	22,5	35	38	mm
Section d'un tore	0,37	0,79	1,58	2,15	cm2
Flux maximum pour le matériau	4900	4900	4900	4900	Gauss
Nb de tores empilés	2	1	1	1	
Impédance moyenne du bobinage secondaire	4120	3622	4452	5282	Ohms
Rapport impédance secondaire / impédance charge	9,16	8,05	9,89	11,74	
Flux @ TOS 1/1 (A limiter à 90% du max.)	1146	1073	537	394	Gauss
Flux @ TOS 3/1 (A limiter à 90% du max.)	1984	1859	929	683	Gauss
Flux @ TOS 10/1 (A limiter à 90% du max.)	3623	3393	1697	1247	Gauss

V VHF, LAND & MOBILE). LE MATERIAU 61 EST UN BON CHOIX POUR LES BANDES HAUTES (24-54 MHz).

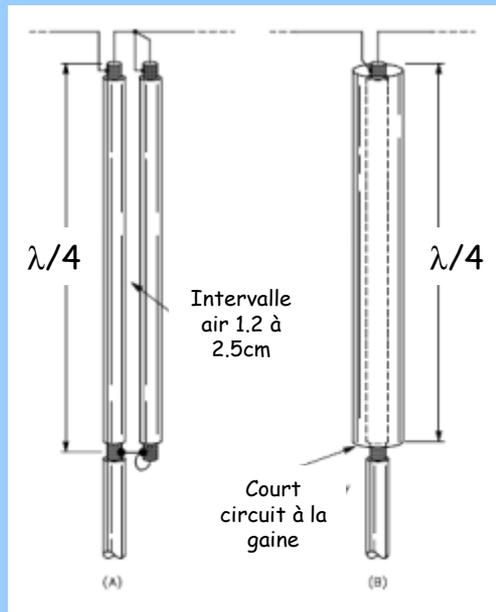
Tores	TOO SMALL	FT140-61	FT240-61	FTxxx-xx	
Inductance spécifique (Al) nominale (+/- 20%) d'un tore	80	140	170	1000	nH.ép2
Diamètre intérieur du tore	18,5	22,5	35	1000	mm
Section	0,37	0,79	1,58	10	cm2
Flux maximum pour le matériau	2350	2350	2350	10000	Gauss
Nb de tores empilés	3	2	1	1	
Impédance moyenne du bobinage secondaire	362	423	257	15092	Ohms
Rapport impédance secondaire / impédance charge	0,80	0,94	0,57	33,54	
Flux @ TOS 1/1 (A limiter à 90% du max.)	764	537	537	85	Gauss
Flux @ TOS 3/1 (A limiter à 90% du max.)	1323	929	929	147	Gauss
Flux @ TOS 10/1 (A limiter à 90% du max.)	2445	1697	1697	268	Gauss

BALUNS
 QUELQUES EXEMPLES / SOME EXAMPLES
 UNUNS

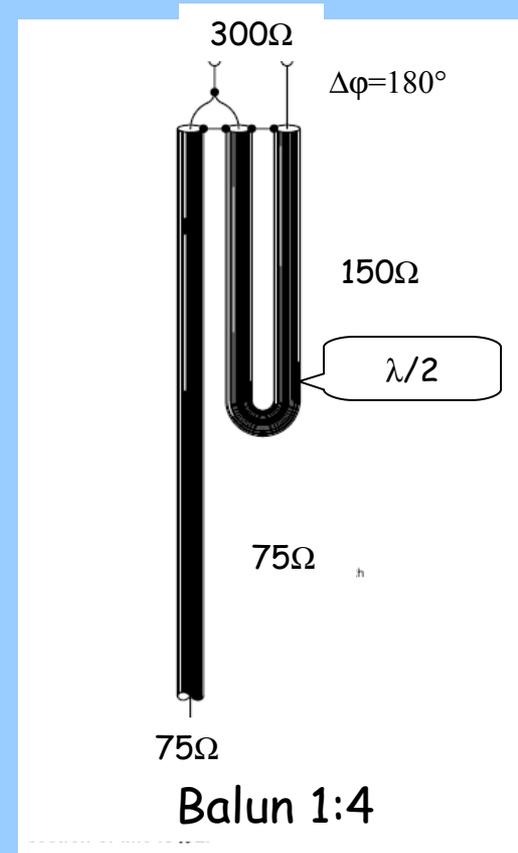


Calculateur de baluns de tension (F1FRV)

Autres Baluns en bande étroite



Balun 1:1 « manchon » utilisé surtout en VHF (annule les courants de gaine)



Autres baluns.....

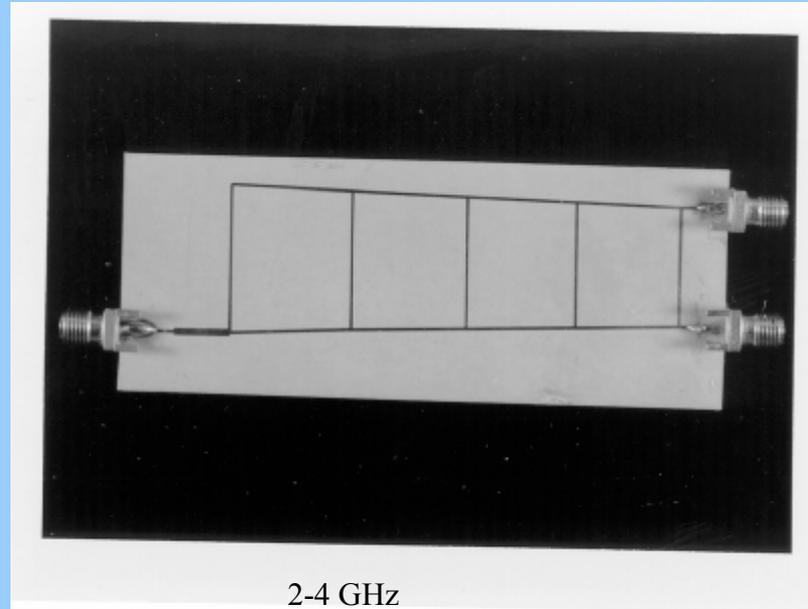


Fig.5 Five-Resonator Log-periodic Balun

ANNEXES

Réaliser une ligne bifilaire pour une impédance Z_0 donnée

Attention lors de la mesure à 10-20MHz, une ligne rectiligne a une impédance plus forte que lorsqu'elle est bobinée (effet des capacités parasites)

nature du fil	diamètre Cu	diamètre/isolant	Lg torsade	Zc	Vf
fil émaillé (1)	0,4 mm	0,5 mm	4 mm	39	0,55
fil émaillé	0,5 mm	0,6 mm	7 mm	46	0,56
fil émaillé	0,5 mm	0,6 mm	10 mm	48	0,56
fil émaillé	0,5 mm	0,6 mm	17 mm	66	0,60
fil émaillé	0,8 mm	0,9 mm	10 mm	41	0,49
fil de câblage souple (3)	0,4 mm	1,2 mm	8 mm	132	0,67
fil à wrapper (2)	0,3 mm	0,5mm	6 mm	130	0,64

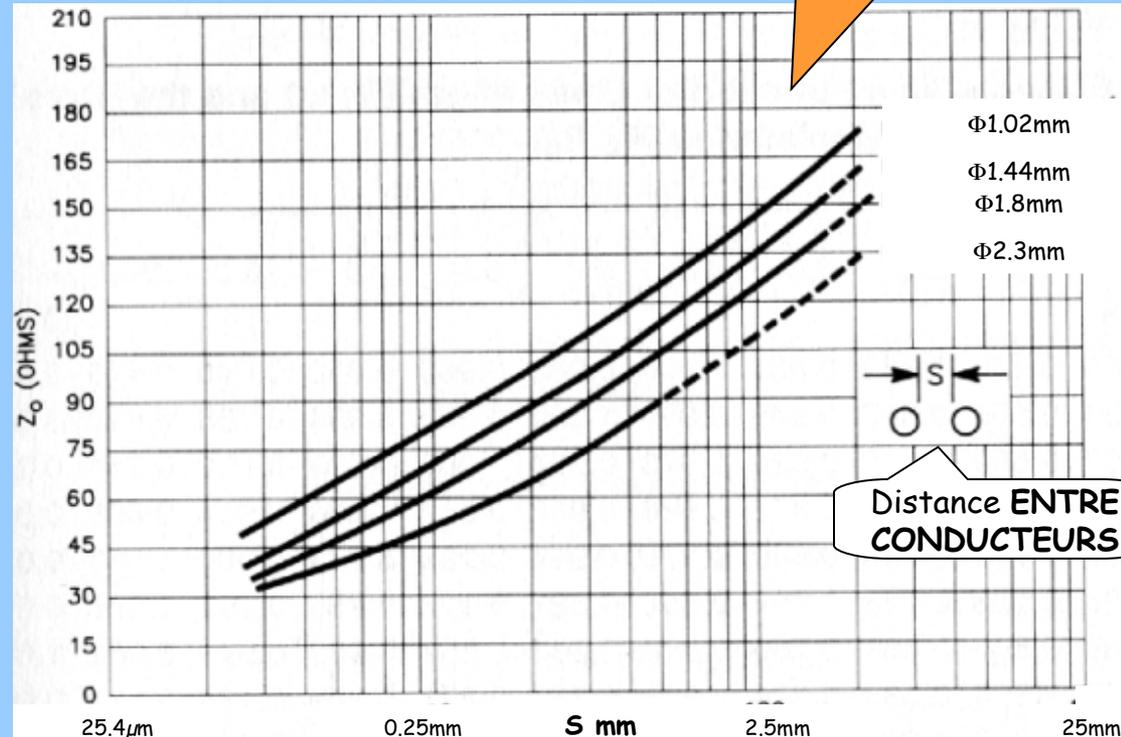
Fils torsadés

http://www.mantaro.com/resources/impedance_calculator.htm#wire_inductance

Fils parallèles

Fils parallèles

$$Z_0 = 276 \log_{10} \frac{2S}{d} \text{ si } D \gg d$$



Twisted Pair Impedance Calculator:

$$Z_0 = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_r}} \operatorname{acosh} \left(\frac{s}{d} \right) \quad T_{pd} = 3.333 \sqrt{\epsilon_r}$$

Dimensional units: mm mils

s (wire separation) =	10
d (wire diameter) =	5
er (relative dielectric constant) =	2.0
	<input type="button" value="Calculate"/>
(Inductance, nH/unit len) =	
(Capacitance, pF/unit len) =	
Zo (Impedance, Ohms) =	
(Propagation Delay, ps/unit len) =	

Réaliser un coaxial pour une impédance Z0 donnée

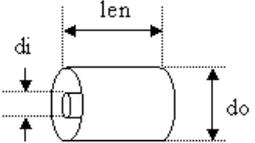
Coaxial Line Impedance Calculator:

$$C = \frac{2\pi \cdot \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \text{len}}{\ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)} \text{ Farads} \quad \epsilon_0 = \frac{1}{c^2 \mu_0} = 8.8542 \frac{\text{pF}}{\text{meter}}$$

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \text{len} \cdot \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right) \text{ Henries} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left(\frac{\text{Henries}}{\text{meter}}\right)$$

$$Z_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu_0 \mu_r}{\epsilon_0 \epsilon_r}} \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right) \text{ Ohms} \quad T_{pd} = 3.333 \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \left(\frac{\text{ns}}{\text{meter}}\right)$$

Dimensional units: mm mil

di (inner diameter) =	<input type="text" value="1"/>
do (outer diameter) =	<input type="text" value="4.7"/>
ur (relative magnetic permeability) =	<input type="text" value="1.00"/>
er (relative dielectric constant) =	<input type="text" value="1.53"/>
	
<input type="button" value="Calculate"/>	
(Inductance, nH/unit len) =	<input type="text"/>
(Capacitance, pF/unit len) =	<input type="text"/>
Zo (Impedance, Ohms) =	<input type="text"/>
(Propagation Delay, ps/unit len) =	<input type="text"/>

1-Réaliser l'âme avec un fil isolé.

Sélectionner le diamètre et l'épaisseur d'isolant en fonction de l'impédance caractéristique à réaliser

Si l'épaisseur d'isolant est insuffisante, ajouter une ou plusieurs couches de scotch « verre » pour obtenir l'épaisseur désirée

2-Enfiler le total dans la gaine d'un coaxial « désossé » de diamètre voisin (RG122 ou RG58). Bien immobiliser le total avec du scotch

A défaut utiliser de la tresse ou une gaine de coax aplatie et la bobiner en spirale sur le fil central. Bien immobiliser le total avec du scotch

Dans les 2 cas le recouvrement de la gaine doit être 100%

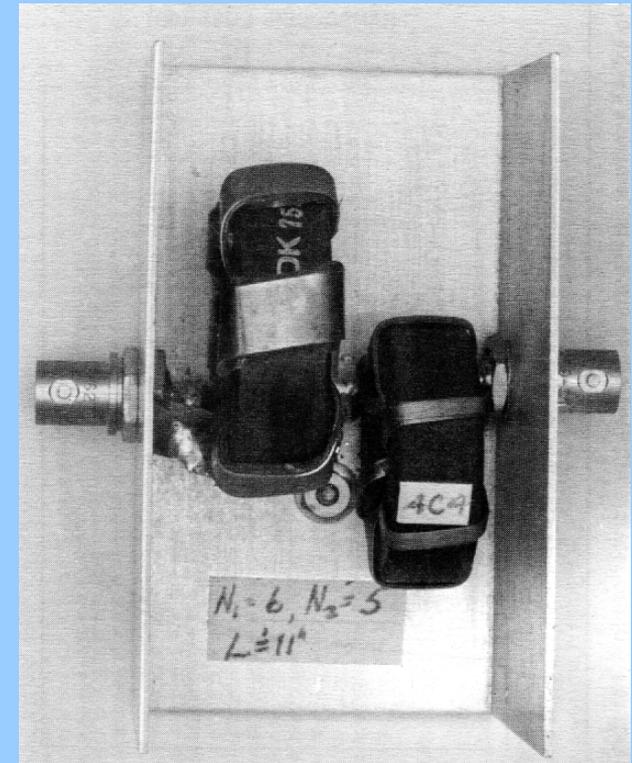
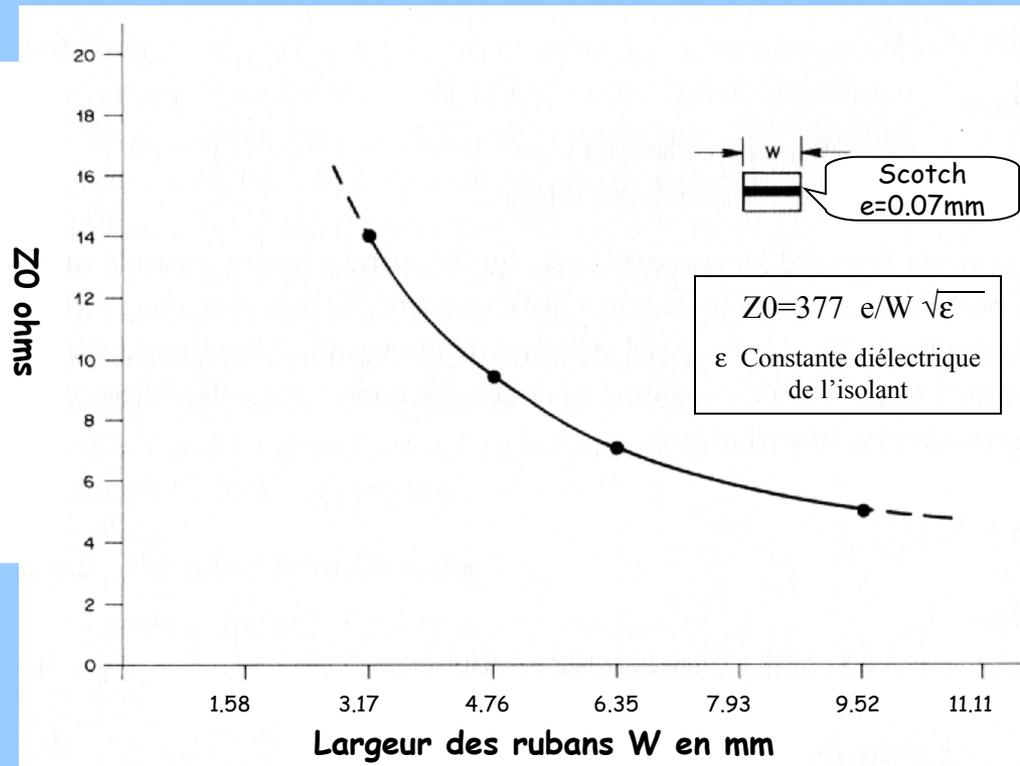
Résultats pratiques par W2FMI

Diamètre fil	2,3mm	1,8mm	1,44mm
Couches scotch			
2	12,5	14	19,6
4	15	18,5	22,5
6	17,5	21	26
2+2	21	23,5	31
2+3	23	26	35
2+5	31	35	

Impédance coax en ohms

2 types de scotchs

Réaliser une ligne plate pour une impédance Z_0 donnée



IRON POWDER TOROIDAL CORES

Physical Dimension

Core	OD	ID	HGT	Mean lgth.	Cross sect.	Core	OD	ID	HGT	Mean lgth.	Cross sect.
	(in)	(in)	(in)	(cm)	(cm ²)		(in)	(in)	(in)	(cm)	(cm ²)
T-12	.125	.062	.050	.75	.010	T-130	1.30	.78	.437	8.29	.73
T-16	.160	.078	.060	.95	.016	T-157	1.57	.95	.570	10.05	1.14
T-20	.200	.088	.070	1.15	.025	T-184	1.84	.95	.710	11.12	2.04
T-25	.250	.120	.096	1.50	.042	T-200	2.00	1.25	.550	12.97	1.33
T-30	.307	.151	.128	1.83	.065	T-200A	2.00	1.25	1.000	12.97	2.42
T-37	.375	.205	.128	2.32	.070	T-225	2.25	1.40	.550	14.56	1.50
T-44	.440	.229	.159	2.67	.107	T-225A	2.25	1.40	1.000	14.56	2.73
T-50	.500	.300	.190	3.20	.121	T-300	3.00	1.92	.500	19.83	1.81
T-68	.690	.370	.190	4.24	.196	T-300A	3.00	1.92	1.000	19.83	3.58
T-80	.795	.495	.250	5.15	.242	T-400	4.00	2.25	.650	24.93	3.66
T-94	.942	.560	.312	6.00	.385	T-400A	4.00	2.25	1.000	24.93	7.43
T-106	1.060	.570	.437	6.50	.690	T-500	5.20	3.08	.800	33.16	5.46

A_L Values (μh/100 turns)

For complete part number, add Mix number to Core Size number.

Core Size	26 Mix Yel-Wh μ=75 Mhz Pwr Frq	3 Mix Gray μ=35 .05-.0.5	15 Mix Rd-Wh μ=25 0.1-2.	1 Mix Blue μ=20 0.5-5.	2 Mix Red μ=10 2-30	7 Mix White μ=9 1-25	6 Mix Yellow μ=8 10-50	10 Mix Black μ=6 30-100	12 Mix Grn-Wh μ=4 50-200	17 Mix Bl/Ylw μ=4 40-180	0 Mix Tan μ=1 100-300
T-12-	na	60	50	48	20	18	17	12	7.5	7.5	3.0
T-16-	145	61	55	44	22	na	19	13	8.0	8.0	3.0
T-20-	180	76	65	52	27	24	22	16	10.0	10.0	3.5
T-25-	235	100	85	70	34	29	27	19	12.0	12.0	4.5
T-30-	325	140	93	85	43	37	36	25	16.0	16.0	6.0
T-37-	275	120	90	80	40	32	30	25	15.0	15.0	4.9
T-44-	360	180	160	105	52	46	42	33	18.5	18.5	6.5
T-50-	320	175	135	100	49	43	40	31	18.0	18.0	6.4
T-68-	420	195	180	115	57	52	47	32	21.0	21.0	7.5
T-80-	450	180	170	115	55	50	45	32	22.0	22.0	8.5
T-94-	590	248	200	160	84	na	70	58	32.0	na	10.6
T-106-	900	450	345	325	135	133	116	na	na	na	19.0
T-130-	785	350	250	200	110	103	96	na	na	na	15.0
T-157-	970	420	360	320	140	na	115	na	na	na	na
T-184-	1640	720	na	500	240	na	195	na	na	na	na
T-200-	895	425	na	250	120	105	100	na	na	na	na
T-200A-	1550	760	na	na	218	na	180	na	na	na	na
T-225-	950	424	na	na	120	na	100	na	na	na	na
T-225A-	1600	na	na	na	215	na	na	na	na	na	na
T-300-	800	na	na	na	114	na	na	na	na	na	na
T-300A-	1600	na	na	na	228	na	na	na	na	na	na
T-400-	1300	na	na	na	185	na	na	na	na	na	na
T-400A-	2600	na	na	na	360	na	na	na	na	na	na
T-520-	1460	na	na	na	207	na	na	na	na	na	na

na - not available.

FERRITE TOROIDAL CORES

Physical Dimensions - Ferrite Toroids

Core Size	OD (inches)	ID (inches)	Hgt (inches)	Mean length (cm)	Cross Sect (cm ²)	Volume (cm ³)
FT-23	.230	.120	.060	1.34	.021	.029
FT-37	.375	.187	.125	2.15	.076	.163
FT-50	.500	.281	.188	3.02	.133	.401
FT-50-A	.500	.312	.250	3.68	.152	.559
FT-50-B	.500	.312	.500	3.18	.303	.963
FT-82	.825	.520	.250	5.26	.246	1.294
FT-87	.870	.540	.250	5.41	.261	1.414
FT-87-A	.870	.540	.500	5.42	.315	1.710
FT-114	1.142	.750	.295	7.42	.375	2.783
FT-114-A	1.142	.750	.545	7.42	.690	5.120
FT-140	1.400	.900	.500	9.02	.806	7.270
FT-140A	1.400	.900	.590	9.00	.810	7.300
FT-150	1.500	.750	.250	8.30	.591	4.905
FT-150-A	1.500	.750	.500	8.30	1.110	9.213
FT-193	1.932	1.250	.625	12.31	1.360	16.742
FT-193-A	1.932	1.250	.750	12.31	1.620	19.942
FT-240	2.400	1.400	.500	14.40	1.570	22.608

A_L Values (mH/1000 turns) - Ferrite Toroids

For complete part number add mix number to core size below

Material > core size	43 μ=850	61 μ=125	63 μ=40	67 μ=40	68 μ=20	75 μ=5000	77 μ=2000	F μ=3000	J μ=5000
FT-23 ()	188	24.8	7.9	7.8	4.0	990	356	NA	NA
FT-37 ()	420	55.3	17.7	17.7	8.8	2210	796	NA	NA
FT-50 ()	523	68.0	22.0	22.0	11.0	2750	990	NA	NA
FT-50A- ()	570	75.0	24.0	24.0	12.0	2990	1080	NA	NA
FT-50B- ()	1140	150.0	48.0	48.0	12.0	NA	2160	NA	NA
FT-82 ()	557	73.3	22.4	22.4	11.7	3020	1060	NA	NA
FT-87 ()	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	180	3020
FT-87A- ()	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3700	6040
FT-114 ()	603	79.3	25.4	25.4	12.7	3170	1140	1902	3170
FT-114A ()	NA	146.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
FT-140- ()	952	140.0	45.0	45.0	NA	6736	2340	NA	6736
FT-150- ()	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2640	* 4400
FT-150A ()	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5020	8370
FT-193- ()	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	* 3640	* 6065
FT-193A ()	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4460	7435
FT-240 ()	1240	173.0	53.0	53.0	NA	6845	3130	NA	6845

Les ferrites #43 et #61
sont des mix Nickel-Zinc

MAGNETIC PROPERTIES OF FERRITE MATERIALS

Material type	33	43	61	64	67	68	73
Initial Perm.	800	850	125	250	40	20	2500
Max. Perm.	1380	3000	450	375	125	40	4000
Max Flux den. @ 10 oer, (gauss)	2500	2750	2350	2200	3000	2000	4000
Residual Flux density, (gauss)	1350	1200	1200	1100	1000	1000	1000
Vol. Resist. (ohms-cm)	1×10^2	1×10^5	1×10^8	1×10^8	1×10^7	1×10^7	1×10^2
Temp. Coeff. -20°C - 70°C (%/°C)	.10%	1%	.15%	.15%	.13%	.06%	.80%
Loss Factor	3×10^{-6} @ .2 MHz	120×10^{-6} @ 1 MHz	32×10^{-6} @ 2.5 MHz	100×10^{-6} @ 2.5 MHz	150×10^{-6} @ 50 MHz	400×10^{-6} @ 0.1 MHz	7×10^{-6} @ 0.1 MHz
Coercive Force (Oersteds)	.30	.30	1.6	1.4	3.0	10.	.18
Curie Temp. °C	150	130	350	210	500	500	160
Resonant Cir. Freq. (MHz)	.01 to 1 MHz	.01 to 1 MHz	.20 to 10 MHz	.05 to 4 MHz	10 to 80 MHz	80 to 180 MHz	1 KHz to 1 MHz
Wideband Freq. (MHz *)	1 to 30 MHz	1 to 50 MHz	10 to 200 MHz	50 to 500 MHz	200 to 1000 MHz	.5 to 30 MHz	.2 to 15 MHz
Attenuation RF Noise, (MHz)	20 to 80 MHz	30 to 200 MHz	300 to 10,000 MHz	200 to 5,000 MHz	Above 1000 MHz	Above 10,000 MHz	1 to 40MHz

* Based on low power, small core application. Listed frequencies will be lower with higher power.

MAGNETIC PROPERTIES OF FERRITE MATERIALS

Material type	77	83	F	J	K	W	H
Initial Perm.	2000	300	3000	5000	290	10,000	15,000
Max. Perm.	6000	3600	4300	9500	400	20,000	23,000
Max Flux den. @ 10 oer, (gauss)	4600	3900	4700	4300	330	4300	4200
Residual Flux density, (gauss)	1150	3450	900	500	250	800	800
Vol. Resist. (ohms-cm)	1×10^2	1.5×10^3	1×10^2	1×10^2	20×10^7	$.15 \times 10^2$	$.1 \times 10^2$
Temp. Coeff. -20°C - 70°C (%/°C)	.25%	.4%	.25%	.4%	.15%	.4%	.4%
Loss Factor	4.5×10^{-6} @ 0.1 MHz	50×10^{-6} @ 0.1 MHz	4×10^{-6} @ 0.1 MHz	15×10^{-6} @ 0.1 MHz	28×10^{-6} @ 1 MHz	7×10^{-6} @ 10 KHz	15×10^{-6} @ 10 KHz
Coercive Force (Oersteds)	.22	.45	.20	.10	1	.04	.04
Curie Temp. °C	200	300	250	140	280	125	120
Resonant Cir. Freq. (MHz)	1 KHz to 2 MHz	1 KHz to 5 MHz	1 KHz to 1 MHz	1 KHz to 1 MHz	0.1 to 30 MHz	1 KHz to 250 KHz	1 KHz to 150 KHz
Wideband Freq. (MHz *)	.5 to 30 MHz	1 to 15 MHz	.5 to 30 MHz	1 to 15 MHz	50 to 500 MHz	1 KHz to 1 MHz	1KHz to 1 MHz
Attenuation RF Noise, (MHz)	1 to 40 MHz	0.5 to 20 MHz	1 to 20 MHz	0.5 to 10 MHz	200 to 5,000 MHz	100 KHz to 1 MHz	1 KHz to 500 KHz

Based on low power, small core application. Listed frequencies will be lower with higher power.

FERRITE TOROIDAL CORES

FERRITE TOROIDAL CORES

MATERIAL 43								Permeability 850
Core number	O.D. (inches)	I.D. (inches)	Hgt. (inches)	ϵ_r (cm)	A_p (cm) ²	V_p (cm) ³	A_L Value mh/1000 turns	
FT-23 -43	.230	.120	.060	1.34	.021	.029	188	
FT-37 -43	.375	.187	.125	2.15	.076	.163	420	
FT-50 -43	.500	.281	.188	3.02	.133	.401	523	
FT-50A -43	.500	.312	.250	3.68	.152	.559	570	
FT-50B -43	.500	.312	.500	3.18	.303	.963	1140	
FT-82 -43	.825	.516	.250	5.26	.246	1.290	557	
FT-114 -43	1.142	.750	.295	7.42	.375	2.790	603	
FT-140 -43	1.400	.900	.500	9.02	.806	7.280	952	
FT-240 -43	2.400	1.400	.500	14.80	1.610	23.900	1240	

MATERIAL 61								Permeability 125
Core number	O.D. (inches)	I.D. (inches)	Hgt. (inches)	ϵ_r (cm)	A_p (cm) ²	V_p (cm) ³	A_L Value mh/1000 turns	
FT-23 -61	.230	.120	.060	1.34	.021	.029	24.8	
FT-37 -61	.375	.187	.125	2.15	.076	.163	55.3	
FT-50 -61	.500	.281	.188	3.02	.133	.401	68.0	
FT-50A -61	.500	.312	.250	3.68	.152	.559	75.0	
FT-50B -61	.500	.312	.500	3.18	.303	.963	150.0	
FT-82 -61	.825	.516	.250	5.26	.246	1.290	73.3	
FT-114 -61	1.142	.750	.295	7.42	.375	2.790	79.3	
FT-114A -61	1.142	.750	.545	7.42	.690	5.130	146.0	
FT-140 -61	1.400	.900	.500	9.02	.806	7.280	140.0	
FT-240 -61	2.400	1.400	.500	14.80	1.610	23.900	171.0	

MATERIAL 67								Permeability 40
Core number	O.D. (inches)	I.D. (inches)	Hgt. (inches)	ϵ_r (cm)	A_p (cm) ²	V_p (cm) ³	A_L Value mh/1000 turns	
FT-23 -67	.230	.120	.060	1.34	.021	.029	7.8	
FT-37 -67	.375	.187	.125	2.15	.076	.163	19.7	
FT-50 -67	.500	.281	.188	3.02	.133	.401	22.0	
FT-50A -67	.500	.312	.250	3.68	.152	.559	24.0	
FT-50B -67	.500	.312	.500	3.18	.303	.963	48.0	
FT-82 -67	.825	.516	.250	5.26	.246	1.290	22.4	
FT-114 -67	1.142	.750	.295	7.42	.375	2.790	25.4	
FT-140 -67	1.400	.900	.500	9.02	.806	7.280	45.0	
FT-240 -67	2.400	1.400	.500	14.80	1.610	23.900	50.0	

MATERIAL 68								Permeability 20
Core number	O.D. (inches)	I.D. (inches)	Hgt. (inches)	ϵ_r (cm)	A_p (cm) ²	V_p (cm) ³	A_L Value mh/1000 turns	
FT-23 -68	.230	.120	.060	1.34	.021	.029	4.0	
FT-37 -68	.375	.187	.125	2.15	.076	.163	8.8	
FT-50 -68	.500	.281	.188	3.02	.133	.401	11.0	
FT-50A -68	.500	.312	.250	3.68	.152	.559	12.0	
FT-82 -68	.825	.520	.250	5.26	.246	1.290	11.7	
FT-114 -68	1.142	.750	.295	7.42	.375	2.790	12.7	

MATERIAL 77 (upgrade of the 72 material)								Permeability 2000
Core number	O.D. (inches)	I.D. (inches)	Hgt. (inches)	ϵ_r (cm)	A_p (cm) ²	V_p (cm) ³	A_L Value mh/1000 turns	
FT-23 -77	.230	.120	.060	1.34	.021	.029	396	
FT-37 -77	.375	.187	.125	2.15	.076	.163	884	
FT-50 -77	.500	.281	.188	3.02	.133	.401	1100	
FT-50A -77	.500	.312	.250	3.68	.152	.559	1200	
FT-50B -77	.500	.312	.500	3.18	.303	.963	2400	
FT-82 -77	.825	.520	.250	5.26	.246	1.294	1170	
FT-114 -77	1.142	.750	.295	7.42	.375	2.783	1270	
FT-114A -77	1.142	.750	.545	7.42	.690	5.120	2340	
FT-140 -77	1.400	.900	.500	9.02	.806	7.270	2250	
FT-240 -77	2.400	1.400	.500	14.40	1.570	22.608	3130	

MATERIAL 'F'								Permeability 3000
Core number	O.D. (inches)	I.D. (inches)	Hgt. (inches)	ϵ_r (cm)	A_p (cm) ²	V_p (cm) ³	A_L Value mh/1000 turns	
FT-87A -F	.870	.540	.500	5.42	.315	1.710	3700	
FT-114 -F	1.142	.750	.295	7.42	.375	2.783	1902	
FT-150 -F	1.500	.750	.250	8.30	.591	4.905	2640	
FT-150A -F	1.500	.750	.500	8.30	1.110	9.213	5020	
FT-193 -F	1.932	1.250	.625	12.31	1.360	16.742	3640	
FT-193A -F	1.932	1.250	.750	12.31	1.620	19.942	4460	

MATERIAL 'J' (75)								Permeability 5000
Core number	O.D. (inches)	I.D. (inches)	Hgt. (inches)	ϵ_r (cm)	A_p (cm) ²	V_p (cm) ³	A_L Value mh/1000 turns	
FT-23 -J	.230	.120	.060	1.34	.021	.029	990	
FT-37 -J	.375	.187	.125	2.15	.076	.163	2110	
FT-50 -J	.500	.281	.188	3.02	.133	.401	2750	
FT-50A -J	.500	.312	.250	3.68	.152	.559	2990	
FT-87 -J	.870	.540	.250	5.42	.261	1.414	3020	
FT-87A -J	.870	.540	.500	5.42	.315	1.710	6040	
FT-114 -J	1.142	.750	.295	7.42	.375	2.783	3170	
FT-140A -J	1.400	.900	.590	9.02	.806	7.270	6736	
FT-150 -J	1.500	.750	.250	8.30	.591	4.905	4400	
FT-150A -J	1.500	.750	.500	8.30	1.110	9.213	8370	
FT-193 -J	1.500	1.250	.625	12.31	1.360	16.742	6065	
FT-193A -J	1.932	1.250	.750	12.31	1.620	19.942	7435	
FT-240 -J	2.400	1.400	.500	14.40	1.570	22.608	6845	
FT-337 -J	3.375	2.187	.500	—	—	—	Available on Request Only. —	

All items are standard stock. All orders placed by 2:00 pm shipped the same day.

Données constructeur

Puissance max pour un échauffement de 25°C par pertes dans le tore

Matériau type 2 @1MHz

Tore	Watts
T30	21
T37	26
T44	37
T50	49
T68	88
T80	125
T94	160
T106	236
T130	331
T157	515
T200	794
T300	1127
T400	2108

Puissance dissipée en mW/cc en fonction de l'élévation de température

Tore	10° C	25° C	40° C
T30	400	1148	2026
T37	412	1170	2065
T44	310	884	1556
T50	307	874	1535
T68	234	664	1167
T80	212	602	1056
T94	160	454	802
T106	114	322	566
T130	117	331	582
T157	94	266	468
T200	87	260	436
T300	62	186	327
T400	43	130	228

Densité de flux max en décamétriques

Selon l'équation

$$\text{Log } B = -0.48299 \text{ Log } F + 2.17609$$

B= Flux en gauss

F = Fréquence en MHz

La courbe ci contre donne la valeur max du flux et à partir de l'équation ci dessous donnant le flux dans le tore on déduit la valeur max de la tension efficace applicable aux bornes de la ligne bobinée

$$B = \frac{V_{cm}}{0.044 S N F}$$

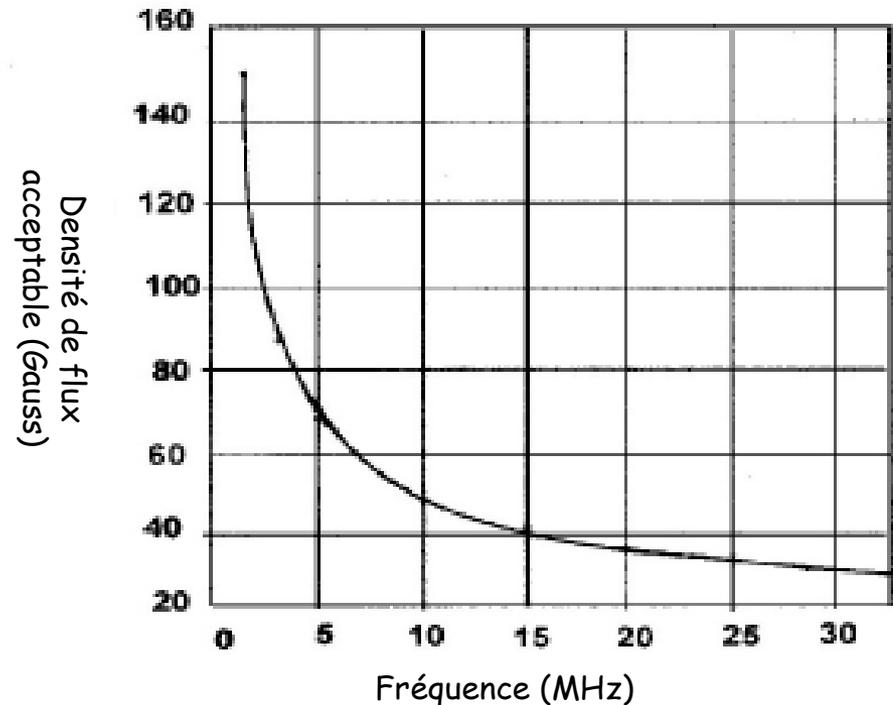
B flux magnétique en gauss

Vcm tension efficace aux bornes d'un enroulement du balun

F fréquence en MHz

N nombre de spires

S section du tore en cm²



Quel diamètre minimum de fil?

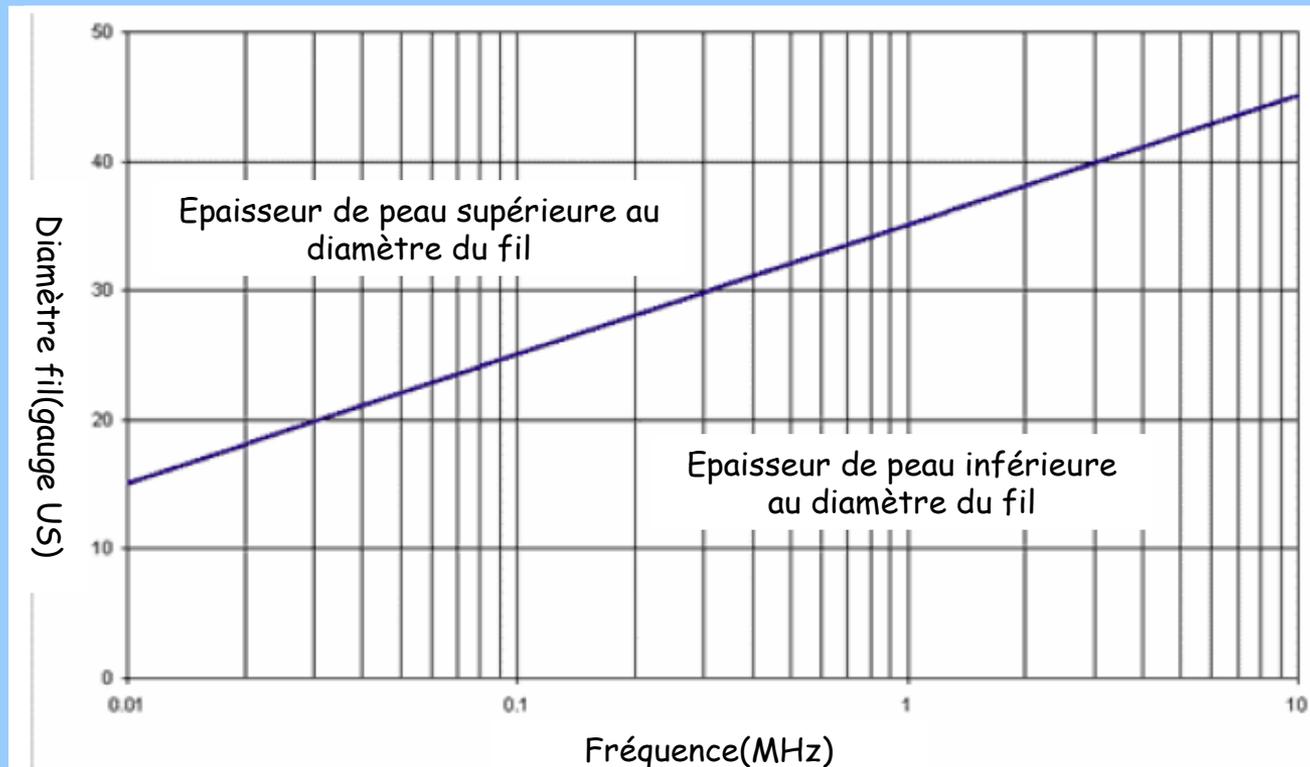
Par exemple à 1MHz un fil AWG 35 sera utilisé à 100%

Un fil plus gros (AWG plus petit) ne sera pas complètement utilisé par l'effet de peau

Un fil plus petit présentera une résistance HF plus importante

Profondeur effet de peau en cm = $6.62/F^5$

Tenir compte en sus
du diamètre du tore
et du nombre de
spires à bobiner.....



Gauge US
10=2.58mm
12=2.29mm
14=1.8mm
16=1.44mm
18=1.02mm
20=0.81mm
22=0.64mm
24=0.51mm
26=0.4mm
28=0.32mm
30=0.25mm
32=0.2mm
34=0.16mm
36=0.125mm
38=0.1mm
40=0.08mm
42=0.085mm
44=0.05mm

Table impédance de choke baluns

Table 3
K2SQ (ex-WA2SRQ) | Mesure de baluns en coax bobiné

Bobinage 1 couche	6 T, 4.25"		12 T, 4.25"		4 T, 6.625"		8 T, 6.625"		8 T, 6.625"	
	Freq. MHz	Z, Phase $\Omega/^\circ$	Bunched Z, Phase $\Omega/^\circ$	Bobinage en vrac						
1	26/88.1	65/89.2	26/88.3	74/89.2	94/89.3					
2	51/88.7	131/89.3	52/88.8	150/89.3	202/89.2					
3	77/88.9	200/89.4	79/89.1	232/89.3	355/88.9					
4	103/89.1	273/89.5	106/89.3	324/89.4	620/88.3					
5	131/89.1	356/89.4	136/89.2	436/89.3	1300/86.2					
6	160/89.3	451/89.5	167/89.3	576/89.1	8530/59.9					
7	190/89.4	561/89.5	201/89.4	759/89.1	2120/-81.9					
8	222/89.4	696/89.6	239/89.4	1033/88.8	1019/-85.7					
9	258/89.4	869/89.5	283/89.4	1514/87.3	681/-86.5					
10	298/89.3	1103/89.3	333/89.2	2300/83.1	518/-86.9					
11	340/89.3	1440/89.1	393/89.2	4700/73.1	418/-87.1					
12	390/89.3	1983/88.7	467/88.9	15840/-5.2	350/-87.2					
13	447/89.2	3010/87.7	556/88.3	4470/-62.6	300/-86.9					
14	514/89.3	5850/85.6	675/88.3	2830/-71.6	262/-86.9					
15	594/88.9	42000/44.0	834/87.5	1910/-79.9	231/-87.0					
16	694/88.8	7210/-81.5	1098/86.9	1375/-84.1	203/-87.2					
17	830/88.1	3250/-82.0	1651/81.8	991/-82.4	180/-86.9					
18	955/86.0	2720/-76.1	1796/70.3	986/-67.2	164/-84.9					
19	1203/85.4	1860/-80.1	3260/44.6	742/-71.0	145/-85.1					
20	1419/85.2	1738/-83.8	3710/59.0	1123/-67.7	138/-84.5					
21	1955/85.7	1368/-87.2	12940/-31.3	859/-84.3	122/-86.1					
22	3010/83.9	1133/-87.7	3620/-77.5	708/-86.1	107/-85.9					
23	6380/76.8	955/-88.0	2050/-83.0	613/-86.9	94/-85.5					
24	15980/-29.6	807/-86.3	1440/-84.6	535/-86.3	82/-85.0					
25	5230/-56.7	754/-82.2	1099/-84.1	466/-84.1	70/-84.3					
26	3210/-78.9	682/-86.4	967/-83.4	467/-81.6	60/-82.7					
27	2000/-84.4	578/-87.3	809/-86.5	419/-85.5	49/-81.7					
28	1426/-85.6	483/-86.5	685/-87.1	364/-86.2	38/-79.6					
29	1074/-85.1	383/-84.1	590/-87.3	308/-85.6	28/-75.2					
30	840/-83.2	287/-75.0	508/-87.0	244/-82.1	18/-66.3					
31	661/-81.7	188/-52.3	442/-85.7	174/-69.9	9/-34.3					
32	484/-78.2	258/20.4	385/-83.6	155/-18.0	11/37.2					
33	335/-41.4	1162/-13.5	326/-78.2	569/-0.3	21/63.6					
34	607/-32.2	839/-45.9	316/-63.4	716/-57.6	32/71.4					
35	705/-58.2	564/-56.3	379/-69.5	513/-72.5	46/76.0					

Nombre de spires/diamètre en pouces

Impédance/Déphasage

Calculateur de selfs toriques

mini Tore Calculateur 1.2

Info Tools Langue (Language) Unités Aide

Ferroxcube **Tores inconnus** **Bobines à air**
Poudre de fer T .. - .. Ferrite FT .. - .. SIFFERIT

T50 - **2** Couleur Plage de Fréquence
 $\mu = 10$ 1 - 30 MHz

AL = 4.9 nH/N²

De 12.70 mm Di 7.70 mm h 4.83 mm

Inductance μ H Tours 0 Longueur (fil) 0 cm D max. (fil) 0.00 mm

Application

Fréquence MHz => XL = 0.000 Ω Flux max. xxx G

Tension V Flux xxx G

Perte du tore 0 mW/cm³ 0 W Hausse de la température 0 °C

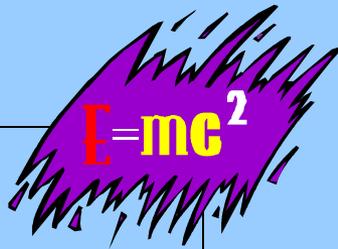
Calcul de l'inductance en fonction du nb de spires
 N 0.000 H XL = 0.000 Ω

Fournisseur: AMIDON

Augmentation T° du tore= (Dissipation de puissance (mW)/Surface du tore(cm²))^{0.833}

La puissance dissipée dans le tore et les bobinages est estimée par : Puissance transmise x rendement balun

Le rendement du balun est 97-99%



Formulaire

$$N = 100 \sqrt{\frac{'L' \text{ désirée en } \mu H}{A_L (\mu H/100 \text{ turns})}}$$

$$L(\mu H) = \frac{A_L \times N^2}{10,000}$$

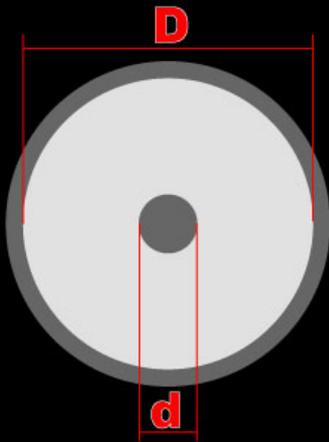
$$A_L (\mu H/100 \text{ turns}) = \frac{10,000 \times 'L' (\mu H)}{N^2}$$

N = Nombre de tours L = inductance (μH) A_L = inductance index (μH)/100 turns

Ligne Bifilaire Z₀=120 ε^{-1/2} cosh⁻¹ (D/d)
 D distance centre à centre fils
 d diamètre fil
 ε permittivité de l'isolant
Si D >> d Z₀=276 ε^{-1/2} log (2D/d)

Impédances caractéristiques de lignes coax & bifilaires

$$Z_o = \frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \cdot \log \frac{D}{d}$$



Pour ligne à air(ε=1)

- Z_o est l'impédance caractéristique en W (Ohms)
- ε est la permittivité du diélectrique (1 pour l' air)
- D est le diamètre intérieur du conducteur extérieur
- d est le diamètre extérieur du conducteur intérieur

$$Z_c = 276 \cdot \log \left(\frac{2D}{d} \right)$$



- Z_c est l'impédance caractéristique en W (Ohms)
- D est la distance qui sépare l'axe des deux conducteurs
- d est le diamètre extérieur des conducteurs

$$B = \frac{V_{cm}}{0.044 S N F}$$

B flux magnétique en gauss
 V_{cm} tension efficace aux bornes d'un enroulement du balun (V_{cm}*1.414 pour sécurité)
 F fréquence en MHz
 N nombre de spires
 S section du tore en cm²

Impédance d'une self (reactance en ohms)

Pour un choke balun bobiné sur tube PVC en 1 couche

$$XL = 2\pi F(\mu_0 N^2 S/l)$$

l longueur de la bobine en m
 S section d'une spire en m²
 μ₀=4 π 10⁻⁷

Pour une bobine sur tore

$$XL = 2\pi F(A_L N^2 10^{-4})$$

F en MHz
 A_L μH/100 tours (datas tore)
 N nombre de spires

Bibliographie

Antenna Handbook 18ieme édition	ARRL	
Transmission line transformers 2ieme édition	W2FMI	(ARRL)
Exploring the 1:1 Current Balun	W0IYH	QEX Juillet 1997
A single core 4:1 current balun of improved performance	N7ZWY	
High performance broadband balun	K4KJ	Ham radio Février 1980
Why do baluns burn up?	W1VT	QEX Janvier 2004
Designing wide-band transformers for HF & VHF PA	N7ZWY	QEX Mars/Avril 2005
A better antenna-tuner balun	ZS1AN	QEX Sept/Octobre 2005
Measuring HF balun performance	W6WO	QEX Nov/Décembre 2010
Putting a balun and a tuner together	W9CF	DXZone.com

Sites infos

<http://www.yccc.org/Articles/W1HIS/CommonModeChokesW1HIS2006Apr06.pdf> W1HIS « common mode chocke

http://f5ad.free.fr/ANT-QSP_F5AD_Baluns.htm

Résultats d'essais de baluns commerciaux

<http://www.agder.net/la8ak/12345/n12.htm>

LA8AK Transformateurs large bande pour PA

<http://toroids.info/T25-2.php>

Specifications tores Amidon Txx-yy

http://www.n0ss.net/qrp_4-1_guanella-type_balun.pdf

W1CG Construction d'un balun de courant 1:4

<http://www.nonstopsystems.com/radio/balun-cebik.pdf>

W4RNL Balun de courant 4:1 (chapelet de tores sur coaxial)

<http://g8jnj.webs.com/baluns.htm>

G8JNJ tests thermiques sur baluns

<http://g8jnj.webs.com/Balun%20construction.pdf>

G8JNJ Essais de fabrication de baluns de tension

<http://www.news.urc.asso.fr/wp-content/uploads/2011/06/symetriseurs-vhf-uhf-par-jp-quintin-f6evt.pdf>

F6EVT symétriseurs VHF-UHF types bazooka & autres

<http://www.sp5ddj.pl/Balun%201-4.pdf>

Construction et test thermique d'un balun 1:4

<http://www.micrometals.com/appnotes/appnotedownloads/ipcs4rfp.pdf>

Données sur les courants max dans des inductances toriques

Logiciels de calcul ou simulation

<http://www.i1wqrlinkradio.com/antype/ch13/chiave1696.htm>

Calculateur de baluns tension 1:1 1:2 1:4 1:6 et plus

http://www.dl5swb.de/html/mini_ring_core_calculator.htm Calculateur de bobinages sur tore

<http://f5zv.pagesperso-orange.fr/RADIO/RM/RM24/RM24K/RM24K01.html>

Calculs selfs sur tore

http://f1frv.free.fr/main3c_Baluns.html

Calculateur de baluns DE TENSION sur tores (Exel)

http://www.mantaro.com/resources/impedance_calculator.htm#wire_inductance

Calculateur en ligne tous types d'impédances (lignes torsadées et beaucoup d'autres)

C'est fini!

Merci de votre attention !

